

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»
УДК 697.3

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
В.І.Дешко
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та інжиніринг

на тему: «Підвищення ефективності енерговикористання будівлі ліцею за рахунок модернізації системи тепlopостачання»

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи ОТ – 71мп
(шифр групи)

Чернадчук Вікторія Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н., професор Дешко В.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль доцент, к.т.н., доцент Шкляр В.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент д.т.н., професор Зорін В.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент д.т.н., с.н.с. Фаренюк Г.Г.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут **Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

Кафедра **Теплотехніки та енергозбереження**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) **144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та інжиніринг**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.І. Дешко
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 01 » вересня 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Чернадчук Вікторії Юрївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації : « Підвищення ефективності енерговикористання будівлі ліцею за рахунок модернізації системи теплопостачання»,

науковий керівник дисертації д.т.н., професор Дешко В.І. _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018 р. № 4089-с

2. Строк подання студентом дисертації « 15 » грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження система енергозабезпечення політехнічного ліцею НТУУ «КПІ»

4. Предмет дослідження (Вихідні дані) _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

а) теплова частина: дослідження огорожуючих конструкцій, розрахунок теплових витрат основних та додаткових. Розрахунок декількома методиками.

б) електрична частина: аналіз та розрахунки системи електропостачання, балансі річного споживання, розроблення МЕЗ

в) спеціальна частина:

- г) енергетичний менеджмент: аналіз системи енергетичного менеджменту, доцільність, мета і завдання служби на підприємстві
- д) стартап-проект: розроблення стартап проекту щодо використання теплового насосу в схемі тепlopостачання будівлі ліцею.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

7. Орієнтовний перелік публікацій:

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	доц. Шкляр В.І.		

9. Дата видачі завдання 01.09. 2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Загальна характеристика об'єкту	29.10 - 17.11. 2018	
2.	Розрахунок теплотехнічної частини	01.11 - 10.12. 2018	
3.	Розрахунок електротехнічної частини	01.11 - 10.12. 2018	
4.	Спеціальна частина	01.11 - 10.12. 2018	
5.	Енергетичний менеджмент	01.11 - 10.12. 2018	
6.	Стартап-проект	01.11 - 10.12. 2018	
7.	Підготовка графічного матеріалу	01.11 - 10.12. 2018	
8.	Нормоконтроль	03.12 - 13.12. 2018	
9.	Попередній захист	10.12 - 14.12. 2018	
10.	Захист магістерської дисертації	17.12 - 21.12. 2018	

Студент

(підпис)

В.Ю. Чернадчук
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

В.І. Дешко
(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1 Призначення будівлі	9
1.2 Річне споживання енергоносіїв.....	10
1.2.1 Споживання теплової енергії	12
1.2.2 Споживання холодної води.....	13
1.3 Профіль використання енергії	14
1.4 Структура споживання і оплати енергоносіїв.....	15
1.5 Попередні заходи з енергозбереження.....	18
2 ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Обстеження огорожуючих конструкцій.....	19
2.2 Розрахунок теплових витрат.....	27
2.3 Розрахунок дод. тепловтрат через огорожувальні конструкції.....	29
2.3.1 Тепловтрати на інфільтрацію повітря.....	29
2.3.2 Втрати теплоти в трубопроводах системи опалення.....	30
2.3.3 Надходження теплоти від людей	31
2.3.4 Надходження теплоти від освітлювальних приладів.....	31
2.3.5 Надходження теплоти від сонячної радіації.....	32
2.4 Методика ДСТУ-БА 2.2 – 12:2015	34
2.4.1 Теплопередача трансмісією	34
2.4.2 Теплопередача вентиляцією	36
2.4.3 Загальні тепловтрати	38
2.4.4 Внутрішні тепло надходження	39
2.4.5 Сонячні тепло надходження	41
2.4.6 Сонячні тепло надходження через елементи будівлі.....	41
2.4.7 Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів.....	42
2.4.8 Теплове випромінювання в атмосферу	43
2.4.9 Загальні тепло надходження	46
2.5 Розрахунок у середовищі Retscreen	46

2.6 МЕЗ.....	52
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	56
3.1 Аналіз та розрахунки системи електропостачання	56
3.1.1 Схема живлення об'єкта та її аналіз.....	56
3.1.2 Розподіл електричної енергії по території об'єкту	57
3.2 Повірочний розрахунок навантаження об'єкта.....	59
3.3 Електричне освітлення, повір очний розрахунок	62
3.4 Аналіз вибраного електрообладнання та мереж	66
3.5 Графік добового споживання активної енергії.....	67
3.6 Баланс річного споживання активної енергії	68
3.7 Баланс споживання електричної енергії.....	70
3.8 Облік споживання електричної енергії	72
3.9 Тариф на спожиту електричну енергію	73
3.9 МЕЗ.....	74
4 СПЕЦЧАСТИНА	82
4.1 Типи систем теплопостачання	82
4.1.1 Елеваторний вузол.....	82
4.1.2 ІТП. Залежна та незалежна схема приєднання.....	84
4.1.3 Альтернативні джерела	86
4.2 Розрахунок і підбір обладнання	89
4.2.1 Модернізація за рахунок встановлення ІТП	89
4.2.2 Модернізація за рахунок встановлення ІТП	90
5 СТАРТАП: ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ В СХЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЛІЦЕЮ	97
6 ВПЛИВ ЗАХОДІВ НА СТАН ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	104
7 АНАЛІЗ СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ	106
ВИСНОВКИ.....	109
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	111
ДОДАТКИ.....	112

ВСТУП

У зв'язку з постійним зростанням попиту на енергію в дійсний час розвиток енергозберігаючих технологій з метою вирішення глобальних проблем, пов'язаних з економічним зростанням, енергетичною безпекою і зміною клімату, в усьому світі стає все більш актуальним.

Слова енергозбереження та енергоефективність часто згадуються спільно. Однак, все ж це різні речі. Ефективність означає отримання бажаного результату з використанням меншої кількості енергії. Заощадження означає споживання меншої кількості енергії або відмова від її використання. Ефективність часто призводить до заощадження енергії, якщо у нас є перевитрата енергоносіїв.

З метою визначення можливостей економії енергії та допомоги у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту роблять обстеження підприємств та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання – енергетичний аудит.

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) чи фірми, уповноважені на це суб'єктами господарювання.

Енергетичний аудит призначений для вирішення таких головних завдань:

- обстеження стану використання енергетичних ресурсів на об'єкті;
- розроблення організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження енергетичних втрат;
- визначення потенціалу заощадження енергії;
- економічне обґрунтування організаційно-технічних заходів.

Опис об'єкту і його будівель характеризує наявні на об'єкті установки обладнання, режим їх роботи, продуктивність, а також оцінює ефективність виробничого обладнання. Рекомендаційна частина даної роботи містить

пропозиції стосовно ефективного використання енергії, які розроблені під час проведення обстеження. Пропоновані практичні проекти обґрунтовуються техніко-економічними розрахунками. Опис заходів з заощадження енергії містить такі ключові моменти: що потрібно робити, щоб заощадити енергію; як ці дії приведуть до заощадження енергії: співвідношення потенційних заощаджень з інвестиціями на реалізацію заходів.

Кінцева мета енергоаудиту – розроблення на основі техніко-економічного аналізу рекомендацій щодо економії енергоресурсів і раціонального використання всіх видів енергії, вказується черговість їх виконання і надаються розрахунки та інформацію щодо обсягів інвестицій і строків окупності.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

СКОРОЧЕННЯ

РК – районна котельня;
ЕП – електроприймач;
ДНаТ – дугові трубчаті натрієві лампи ;
ТП – трансформаторна підстанція;
ГВП – гаряче водопостачання;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
ЕМ – енергетичний менеджмент.
ТН – тепловий насос
ІТП – індивідуальний тепловий пункт

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

B – витрата палива;
 Q – теплота;
 Q_H^p – нижча робоча теплота згорання палива;
 q_0 - питома опалювальна характеристика будівлі;
 $t_{вн}$ – внутрішня температура;
 $t_{p.o}$ – розрахункова температура на опалення;
 δ – товщина;
 λ – коефіцієнт теплопровідності.

ІНДЕКСИ

b – базовий;
 $вн$ – внутрішній;
 $з$ – зовнішній.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дипломного проекту є Політехнічний ліцей НТУУ «КПІ», що знаходиться за адресою: бул. Лепсе 41-а.

1.1 Призначення будівлі

Існуюча будівля двоповерхова. Заснований ліцей, Київським політехнічним інститутом 29 травня 1991 року. Навчання ліцеїстів в середній школі проводиться з п'ятого по восьмий клас.

Режим роботи: ПН-ПТ: 8 00 -18 00, СБ: за розпорядженням, НД: вихідний. Заняття розпочинаються о 8 30. Щодня в навчальному закладі знаходиться близько 322 чоловік.

Об'єкт дослідження збудований у 1961 році, забудова не відповідає сучасним державним будівельним нормам (ДБН). Опалювальна площа 1262,47 м², об'єм будівлі складає 3776 м³. Клас енергетичної ефективності – Е.

Система теплопостачання виконана за залежною схемою приєднання через елеваторний вузол. Не має можливості регулювати відпуск теплової енергії. Система опалення не збалансована. - фундамент – стрічковий залізобетонний;

- зовнішні стіни –виконані з керамічної цегли товщиною 500 мм на цементно піщаному розчині (теплова ізоляція зовнішніх стін;

- міжповерхові перекриття – виконані з залізобетонної багато пустотілої панелі завтовшки 160 мм, ззовні на нанесена штукатурка(чистова стяжка) ;

- підлога – на основі залізобетонної багато пустотілої панелі завтовшки 160 мм, чистова стяжка, місцями плитка(їдальня), лінолеум, дошка та ін.;

- дах – скатний, матеріал-шифер, знаходиться безпосередньо над всією площею будівлі, перекриття даху виконано з залізобетонної пустотілої панелі завтовшки 160 мм, (горище не утеплене);

- вхідні двері центрального та аварійних входів – дерев'яні, наявний вестибюль головного входу;

- світло прозорі огорожувальні конструкції – в основному метало пластикові, сходові клітини-виконані з склоблоків, решта вікон дерев'яні з подвійним склінням у дерев'яних спарених переплатах, в яких спостерігається нещільності між рамою та склом .

Детальна інформація по площам огорожувальних конструкцій зведена у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Площі огорожувальних конструкцій

Опалювальна площа, м ²	1262,0
Опалюв. об'єм	3757
Площа зовн-х стін, м ²	530
Площа вікон, м ²	229
Площа горища, м ²	626
Пл. перекриттів підвалу, м ²	626
Товщина стін, м ²	0,50

1.2 Річне споживання енергоносіїв

Річне споживання електричної енергії в 2015 - 2017 р.р., за місяцями заносимо у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Річне споживання електричної енергії

Електроенергія						
Місяць	2015		2016		2017	
	Тис.кВт·год	грн	Тис.кВт·год	грн	Тис.кВт·год	грн
Січень	3,59	1,59	2,5	1,91	2,69	2
Лютий	5,12	1,59	3,74	1,91	2,91	1,99
Березень	3,8	1,66	3,17	1,91	3,96	1,93
Квітень	3,87	1,69	2,38	1,91	3,33	1,94
Травень	3,49	1,67	3,25	2,02	3,98	1,94
Червень	2,65	1,72	1,83	2,02	2,14	1,966
Липень	1,06	1,81	0,89	2,2	0,64	1,95
Серпень	1,02	1,81	1,01	2,16	0,65	1,95
Вересень	3,31	1,81	2,95	2,16	2,53	1,96
Жовтень	4,04	1,83	4,26	2,37	4,47	1,97
Листопад	2,91	1,83	4,25	2,37	3,96	1,96
Грудень	5,21	1,83	4,82	2,37	3,66	1,98
	40,07		35,05		34,92	

Динаміка зміни споживання електричної енергії зображена на рисунку 1.1

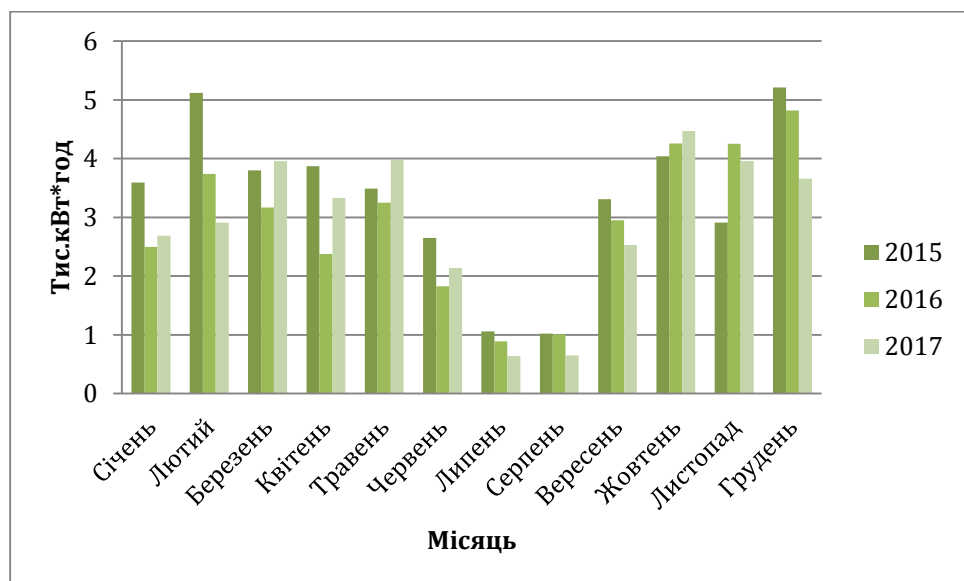


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни споживання електричної енергії
за 2015-2017 роки

Як видно з графіку, споживання електроенергії нерівномірно протягом року. Це пояснюється, тим, що тривалість світлового дня взимку та восени менша і тому більше часу використовується штучне освітлення.

У липні та серпні – найменше споживання, тому що в ліцеї в цей час канікули і багато електрообладнання не використовується, а також майже не використовується освітлення. В середньому за останні 3 роки бачимо, що ліцей споживав, майже однакову кількість електроенергії..

Споживання теплової енергії протягом трьох років.

Споживання теплової енергії за 2015-2017 роки заносимо до таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Річне споживання теплової енергії

Теплова енергія						
місяць	2015		2016		2017	
	Гкал	грн./Гкал	Гкал	грн./Гкал	Гкал	грн./Гкал
Січень	42	630,33	48	591,24	50	1689,61
Лютий	45	630,33	38	671,77	47	1383,54
Березень	34	630,33	16	671,77	50	1383,54
Квітень	14	876,79	6	671,77	27	1383,54
Травень	6	790,01	6	671,77	5	1383,54
Червень	4	790,01	3	671,77	1	1383,54
Липень		790,01		718,95		1383,54
Серпень		790,01		718,95		1328,34
Вересень		790,01		718,95		1328,34
Жовтень	4	790,01	7	718,95	18	1328,34
Листопад	22	760,14	27	718,95	30	1328,34
Грудень	39	760,14	27	718,95	39	1328,34
	210		178		267	

Динаміка зміни споживання теплової енергії за зображена на рисунку 1.2.

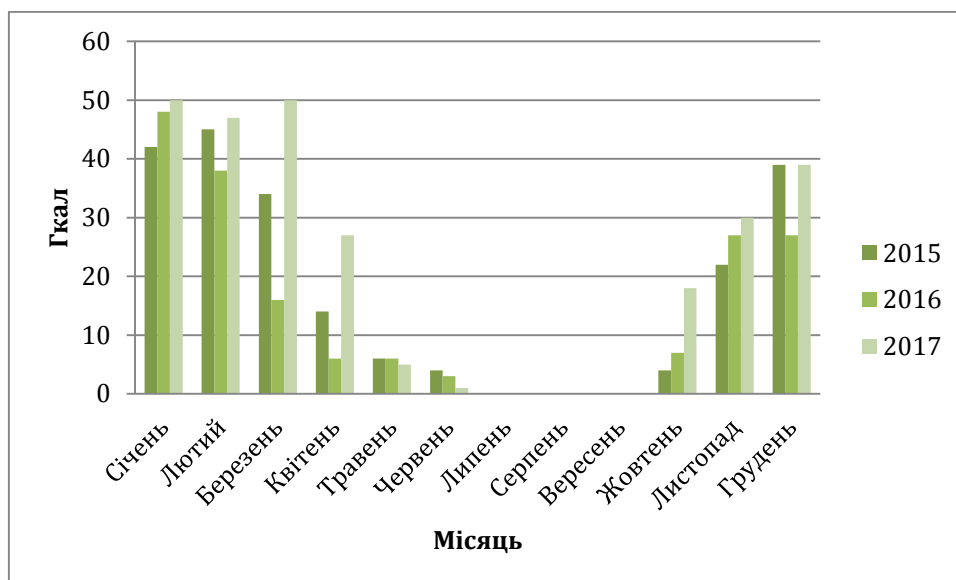


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни споживання теплової енергії за 2015-2017 роки

Споживання теплової енергії приблизно однакове кожного року. В січні та лютому, зазвичай, пік теплового навантаження, а потім споживання теплової енергії поступово знижується. Теплова енергія споживається як для опалення будівлі так і на гаряче водо постачання (ГВП). На липень, серпень та вересень перекриваються засувки на ГВП і будівля не споживає теплову енергію.

Споживання холодної води

Данні по споживанню холодної води заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Річне споживання холодної води

Споживання води						
місяць	2015		2016		2017	
	тис.м ³	грн./ м ³	тис.м ³	грн./ м ³	тис.м ³	грн./ м ³
1	2	3	4	5	6	7
Січень	0,082	7,46	0,042	10,24	0,082	12,348
Лютий	0,081	7,46	0,065	10,24	0,045	12,348
Березень	0,062	7,46	0,066	10,24	0,096	12,348
Квітень	0,113	7,46	0,052	10,24	0,145	12,348
Травень	0,072	10,24	0,057	10,24	0,12	12,348

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
Червень	0,071	10,24	0,091	10,24	0,063	14,208
Липень	0,069	10,24	0,069	10,24	0,068	14,208
Серпень	0,001	10,24	0,052	12,348	0,019	14,208
Вересень	0,109	10,24	0,065	12,348	0,041	14,208
Жовтень	0,006	10,24	0,068	12,348	0,071	14,208
Листопад	0,046	10,24	0,07	12,348	0,055	14,208
Грудень	0,062	10,24	0,089	12,348	0,064	14,208
	0,774		0,786		0,869	

Динаміка зміни споживання води за 3 роки зображена на рисунку 1.3.

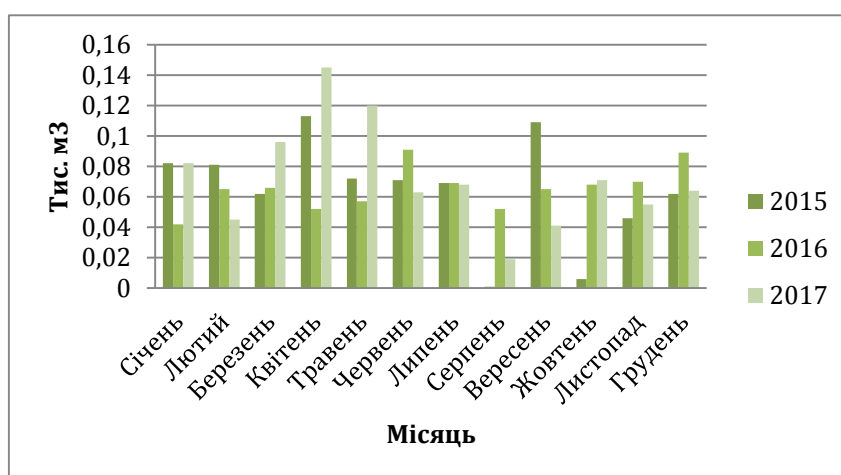


Рисунок 1.3 – Споживання холодної води

Графіки споживання холодної води змінюються в залежності від року та місяця.

Не можна побачити стійкої закономірності витрати води. Основне наванта-ження холод-ного водо постачання (ХВП) припадає на їдальню та санвузли.

1.3 Профіль використання енергії

Теплова енергія яка підводиться до ліцею на даний момент використовується на опалення приміщень та гаряче водопостачання.

Електроенергія, що споживається ліцеєм, використовується для аудиторій, коридорів, роботи електричних приладів, побутової техніки на кухні.
Холодне водопостачання забезпечує роботу санвузлів та кухні.

1.4 Структура споживання і оплати енергоносіїв

Співвідношення споживання різних енергоносіїв представимо в табл. 1.5 та рис. 1.4-1.9.

Таблиця 1.5 – Структура споживання енергоносіїв

	2015		2016				2017	
	грн	нат.од.(кВт)	грн	нат.од.(кВт)			грн	нат.од.(кВт)
Електрична енергія	31254.6	40 070	37854	35 050			46443.6	34 920
Теплова енергія	147746.19	310 521	145973.7	244 230	118587.6	207 014		
Вода (м ³)	6543.6	774	7427.1	786	9425.6	869		

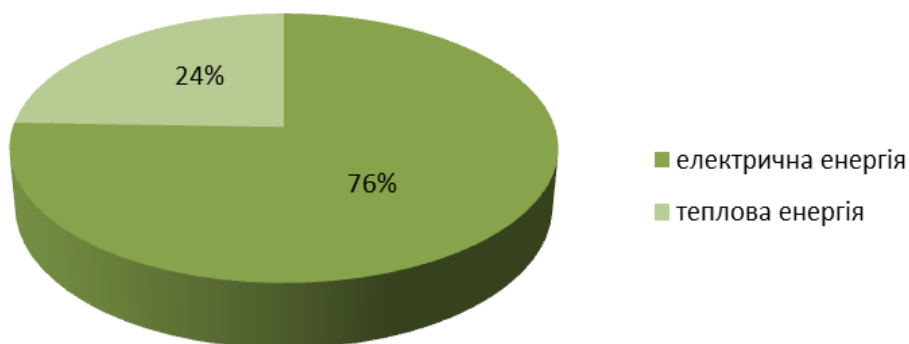


Рисунок. 1.4 – Структура споживання електричної, теплової енергії у натуральних одиницях їх споживання у 2015 році

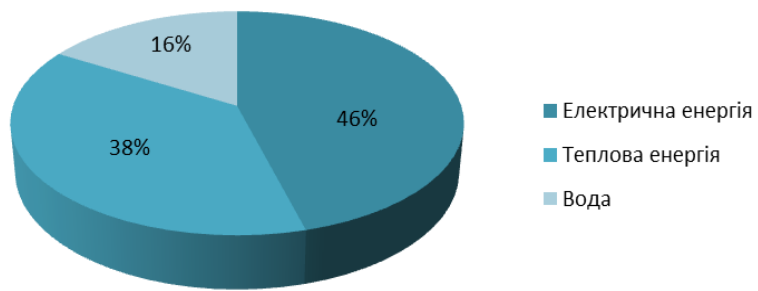


Рисунок 1.5 – Структура споживання електричної, теплової енергії і води в грошовому відношенні у відсотках їх споживання у 2015 році

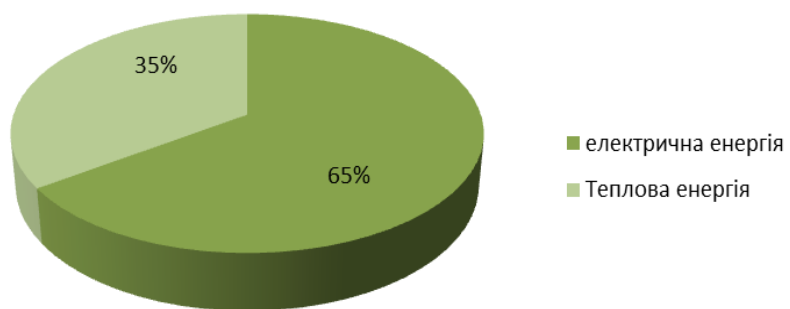


Рисунок 1.6 – Структура споживання електричної, теплової енергії у натуральних одиницях їх споживання у 2016 році

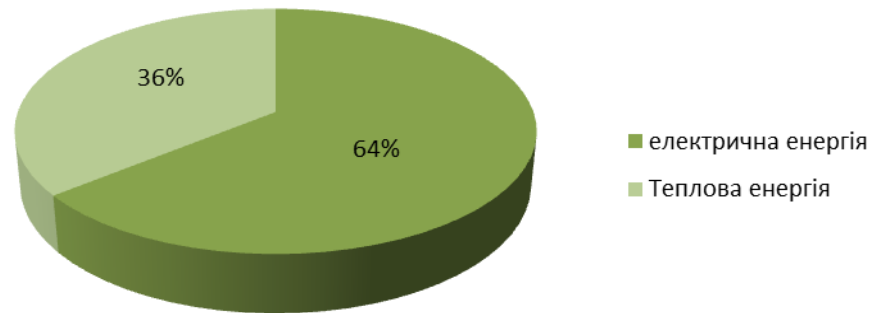


Рисунок 1.7 - Структура споживання електричної, теплової енергії у натуральних одиницях їх споживання у 2017 році

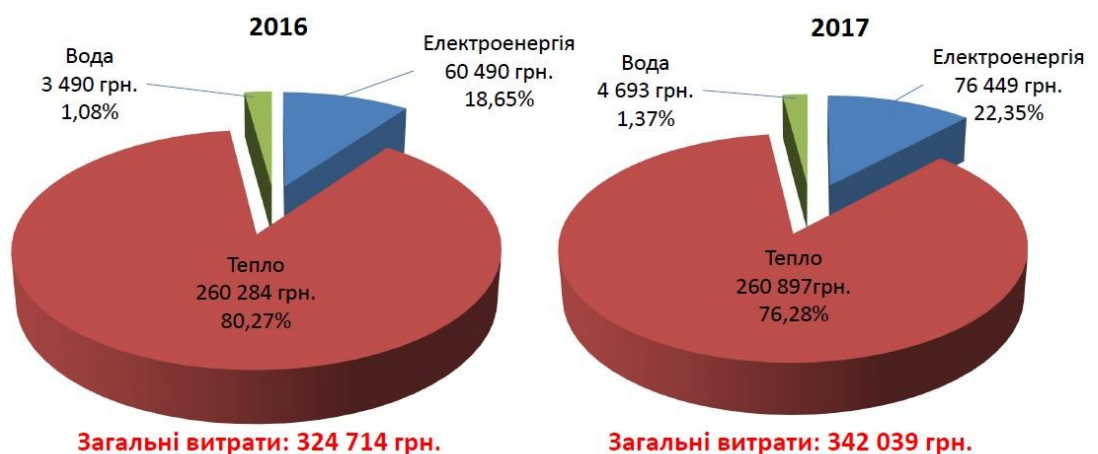


Рисунок 1.8 – Структура споживання електричної, теплової енергій і води в грошовому відношенні у відсотках їх споживання у 2016-2017 році

Як видно з кругових діаграм частка електричної енергії в порівнянні з тепловою енергією значна. Це пояснюється тим, що електричну енергію ми використовуємо цілий рік, а теплову енергію переважно в опалювальний період.

Розглядаючи структуру споживання електричної, теплової енергій та води у грошовому відношенні у відсотку їх споживання бачимо, що споживання енергій у

відсотку по роках трохи змінюється: теплової енергії – зростає, електричної енергії – спадає, води – спадає.

А якщо розглядати структуру споживання електричної і теплової енергій у натуральних одиницях, то бачимо, що споживання не є постійним. Найбільший відсоток припадає електричній енергії, потім –тепловій енергії. Але порівнюючи роки споживання, то бачимо, що відсоток споживання теплової енергії збільшується, а електричної – зменшується.

1.5 Попередні заходи з енергозбереження

В навчальному закладі встановлені на 90% металопластикові вікна, модернізація проводилась поступово за декілька років. Було проведено термографічну зйомку. За результатами можемо зробити висноки про якісний монтаж вікон, оскільки містки холоду мінімальні.

Додатково утеплений бойлерний теплообмінник - алюмофлексом в місцях де зазнала пошкоджень гіпсова ізоляція. Як бачимо з термограми в тих місцях де присутня тепла ізоляція температура поверхні набагато менше ніж на фланцевих з'єднаннях, це в свою чергу зменшує витрату теплової енергії на приготування гарячої води.

Встановлені, за радіаторні рефлектори та замінені на 70% біметалевими радіаторами опалювальні прилади системи опалення, модернізація проводилася поступово в декілька етапів, зокрема, влітку.

2. ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обстеження огороджуючих конструкцій

Огороджуючі конструкції при обстеженні мали незадовільний стан. Опалювальна площа будівлі 1252 м², загальний об'єм 3757 м³. План будівлі наведено в додатках. Товщина стін складає 0,52 м з них шар цегли 0,5 м; штукатурка 0,02 м. Підлога складається з залізобетонних плит, шлаку, стяжки, дерев'яної основи. Вікна двох типів. Дах бетонний, вкритий руберойдом.

У таблиці 2.1 представлено основні характеристики будівлі.

Таблиця 2.1 – Основні характеристики будівлі

Розрахункова температура внутрішнього повітря	t_e	+21°C
Відносна вологість	φ_e	50%
Вологісний режим приміщень		нормальний
Температурна зона		I
Середня температура повітря протягом опалювального періоду	$t_{з,сеп.}$	0,1°C
Температура зовнішня в найхолоднішу п'ятиденку	t_3	-22 °C

Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі:

1. Стіни.

Конструкція зовнішніх стін представлена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Теплофізичні характеристики матеріалів

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		λ Вт/м К	δ м
1	Цегла на глиняному розчині	0,81	0,5
2	Штукатурка + плитка кер.	0,81	0,02

Опір теплопередачі стіни розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}},$$

де: $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, згідно [1], дорівнює 8,7 Вт/(м²К);

$\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, згідно [1], дорівнює 23 Вт/(м²К);

R_i – термічний опір шарів конструкції, який розраховується:

$$\sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де: λ_i – коефіцієнт теплопровідності і-го шару, Вт/м·К;

δ_i – товщина і-го шару, м.

Таким чином, термічний опір зовнішньої стіни складає:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,8004 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорій огорожувальної конструкції $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, згідно [1].

$$R_{\Sigma} = 0,8 \text{ м}^2\text{К/Вт} < R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Так як $R_{\Sigma} < R_{q\min}$, то теплозахисні властивості зовнішніх огорожень у незадовільному стані, що вимагає впровадження енергозберігаючих засобів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі стіни знаходимо за формулою:

$$k_{\text{стіни}} = \frac{1}{R_{\text{стіни}}},$$

а для нашого випадку, коефіцієнт теплопередачі рівний :

$$k_{\text{стіни}} = \frac{1}{0,8} = 1,249 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

.

2. Вікна.

Вікна у будівлі – дерев'яні(10%) та металопластикові(90%). Загальний опір теплопередачі дерев'яних і метало пластикових вікон $R_{\text{вік}} = R_{\Sigma}$.

$$R_{\Sigma} = 0,4 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікна $R_{q\min} = 0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ згідно [1] тому:

$$R_{\Sigma\text{д}} = 0,4 \text{ м}^2\text{К/Вт} < R_{q\min} = 0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Як бачимо, теплозахисні властивості зовнішніх огорожень знаходяться у незадовільному стані, тому вимагають впровадження енергозберігаючих заходів для збільшення їх опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі вікон складає :

$$k_{\text{вікон(д)}} = 2,46 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

3. Стеля.

Середня температура повітря протягом опалювального періоду складає $-0,1^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.3 - Теплофізичні характеристики матеріалів даху.

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		λ Вт/м К	δ мм
1	Залізобетонна плита	2,04	0,2
2	Шлак	0,19	0,1
3	Вапняно-піщана стяжка	0,81	0,005
4	Рубероїд	0,17	0,02

Опір теплопередачі розраховується за формулою :

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де: $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; $\alpha_3 = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ згідно з [1]. Тоді :

$$R_{\text{с}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,1}{0,19} + \frac{0,005}{0,81} + \frac{1}{6} = 1,029 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі перекриття неопалювальних горищ $R_{\text{min}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ згідно з [1], тому :

$$R_{\Sigma} = 1,029 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт} < R_{\text{q min}} = 4,95 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}.$$

Це означає, що теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні і потребують впровадження енергозберігаючих заходів для збільшення їх опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі стелі:

$$k_{\text{стелі}} = \frac{1}{1,029} = 0,971 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

4. Двері.

Вхідні двері дерев'яні. Двері аварійного виходу металопластикові. Конструкція дверей представлена у таблиці 1.4.

Таблиця 2.4 - Теплофізичні характеристики матеріалів

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		λ Вт/м К	δ м
1	Дерево	0,29	0,04
2	Металопластик	1,4	0,08

Опір теплопередачі дверей:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ згідно [1], тому :

$$R_{\text{д}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,04}{0,29} + \frac{1}{23} = 0,296 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_{\Sigma\Pi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,08}{1,4} + \frac{1}{23} = 0,21 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі дверей

$R_{q \min} = 0,6 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}$ згідно з [1], тому :

$$R_{\Sigma\text{М}} = 0,29 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт} < R_{q \min} = 0,6 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}.$$

$$R_{\Sigma\Pi} = 0,21 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт} < R_{q \min} = 0,6 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт}.$$

Так як $R_{\Sigma} < R_{q \min}$ - зовнішні двері знаходяться у незадовільному стані, тому необхідне впровадження енергозберігаючих заходів.

$$k_{\text{дверей(м)}} = 3,44 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$k_{\text{дверей(п)}} = 4,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

5. Підлога.

Підлога складається з шарів, які наведені у таблиці 1.5:

Таблиця 2.5 - Теплофізичні характеристики матеріалів

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		λ Вт/м К	δ м
1	Залізобетонна плита	2,04	0,22
2	шлак	0,19	0,05
3	цементно-піщана стяжка + плитка	0,81	0,05
4	Підлога дерев'яна	0,35	0,016

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\text{підлоги}} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{\text{з/б}}}{\lambda_{\text{з/б}}} + \frac{\delta_{\text{шл.}}}{\lambda_{\text{шл.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.ст.}}}{\lambda_{\text{ц.ст.}}} + \frac{\delta_{\text{дер.}}}{\lambda_{\text{дер.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}},$$

де λ_i - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

δ_i - товщина відповідного шару, м;

$\alpha_{\text{вн}}$ - коефіцієнт тепловіддачі із внутрішньої сторони будівлі,

$$\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі від підлоги до неопалювального підвалу,

$$\alpha_3 = 12 \frac{B_T}{m^2 \cdot K}.$$

Підставляємо значення у формулу:

$$R_{\text{підлоги}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,05}{0,19} + \frac{0,05}{0,81} + \frac{0,016}{0,35} + \frac{1}{12} = 0,67 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Всі розрахунки заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Розрахунок коефіцієнта теплопередачі

Огородження	Шар	δ , м	λ , Вт/(мК)	α_6 , $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$	α_3 , $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$	k , $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$
Стіна	Розчин вапняно-піщаний	0,02	0,76	8,7	23	1,17
	Цегла	0,51	0,81			
	Розчин цементно-піщаний	0,03	0,7			
Підлога	ЖБ плита перекриття постотіла	0,2	1,2	8,7	12	0,657
	Керамзит	0,15	0,14			
	Цементно-піщаний розчин	0,05	0,7			
	Плитка з природнього каменю	0,05	3,49			
Стеля	Залізобетонні плити	0,22	1,2	8,7	12	0,63
	Гравій керамзитовий	0,15	0,14			
	Розчин цементно-піщаний	0,05	0,7			
	Рубероїд	0,01	0,17			
Вікна	Дерев'яна рама					2,94
	Металева рама					1,78
Двері	Дерев'яні					2,33

2.2 Розрахунок теплових витрат

Теплові витрати розраховуються за формулою:

$$Q = F \cdot k (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot \eta$$

де F - площа огороження;

k - коефіцієнт теплопередачі;

η - коефіцієнт додаткових витрат, не більш 10%;

Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря $t_{\text{в}} = 21^{\circ}\text{C}$,
розрахунок температури зовнішнього повітря $t_{\text{з}} = -0,1^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{в}} - t_{\text{з}} = 21,1^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнт додаткових витрат складаються з таких чинників. Зовнішні стіни і вікна в кутових приміщеннях -5%. На вітер – 5%, розташування на північ, схід -10%, на захід-5%

Усі розрахунки теплових витрат приведені у таблиці 2.7

Таблиця 2.7 - Розрахунки теплових витрат, Вт.

Огороджен ня	Орієнтація огороджен ня	Площа огороджен ня	Коефіцієнт теплоперед. огороджен ня	$t_{\text{в}} - t_{\text{з}}$	n	Теплові втрати через огородж. конструкції
Стіна	ПДС	211,94	1,25	21,1	1,05	5869,41
	ПНС	52,98			1,1	1537,08
	ПНЗ	211,94			1,1	6148,91
	ПДЗ	52,98			1	1397,35
Вікно	ПДС	66,77	2,46	21,1	1,05	3639,05
	ПНС	7,77			1,1	443,64
	ПНЗ	88,94			1,1	5078,17
	ПДЗ	5,52			1	286,52
Стеля		702,8	0,97	21,1	1	14384,2076
Двері		12,096	3,44/4,76	21,1	1,05	2922,15
		20,3				
Підлога		626	1,48	21,1	0,5	4003,42

Тоді, сумарні втрати тепла через огороджуючі конструкції складають:

$$Q_{\Sigma} = 45709,9 \text{ Вт} = 0,046 \text{ МВт}.$$

Таким чином, основні тепловтрати через огороджувальні конструкції складають **45 709 Вт**. Причому, основна частка припадає на стіни, горище та підвал будівлі, тому при впровадженні енергозберігаючих заходів особливу увагу необхідно приділити саме цим елементам.

2.3 Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

2.3.1 Тепловтрати на інфільтрацію повітря

Додаткові витрати на інфільтрацію повітря виникають через відкривання зовнішніх дверей, а також нещільність зовнішніх вікон.

1)Додаткові витрати на відкривання зовнішніх дверей обчислюються за формулою:

$$Q_{\partial \partial}^{відкр} = Q_{\partial \partial} \cdot \beta_{відкр},$$

де: $Q_{\partial \partial}$ - тепловтрати через зовнішні двері, кВт;

$\beta_{відкр}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей, для одинарних дверей

$\beta_{відкр}=3$.

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін, незалежно від орієнтації. Тоді втрати на інфільтрацію повітря через зовнішні двері складають:

$$Q_{\partial \partial}^{відкр} = 2,9 \cdot 3 = 8,7 \text{ кВт}.$$

2)Додаткові втрати через нещільність вікон обчислюються як:

$$Q_{вік}^{інф} = 0,28 \cdot G \cdot F \cdot c \cdot (t_{\partial} - t_{з.ср.}) \cdot 10^{-3},$$

де: F – площа віконного прорізу, м²;

c – питома теплоємність повітря, 1,005 кДж/кг·°С;

G – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, приймається 6 кг/(м²год);

Тоді втрати теплоти на інфільтрацію через зовнішні вікна складає:

$$Q_{вік}^{інф} = 0,28 \cdot 6 \cdot 169 \cdot 1,005 \cdot (21 + 0,1) \cdot 10^{-3} = 6,02 \text{ кВт}.$$

- 3) Втрати теплоти через нещільність зовнішніх дверей обчислюються аналогічно:

$$Q_{\partial \phi}^{inf} = G \cdot c \cdot (t_g - t_{з.ср.}),$$

де: G – витрата інфільтрованого повітря вираховується за формулою:

$$G = b \cdot l \cdot \vartheta \cdot m,$$

де: b – ширина встановленої дверної нещільності (приймається

$b = 0,005$ м);

l – ширина нещільності дверного прорізу (приймається загальний периметр двері $l=14,05$), м;

ϑ - середня швидкість інфільтрованого повітря (приймається $0,5$ м/с);

m – маса 1 м^3 повітря (приймається $1,29$ кг).

$$G = 0,005 \cdot 14,05 \cdot 0,5 \cdot 1,29 = 0,045 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$Q_{\partial \phi}^{inf} = 0,045 \cdot 1,005 \cdot (21 + 0,1) = 0,96 \text{ кВт}.$$

Таким чином, загальні додаткові витрати на інфільтрацію повітря складають:

$$Q_{\Sigma}^{inf} = Q_{\partial \phi}^{відкр} + Q_{\partial \phi}^{inf} + Q_{вік}^{inf} = 6,02 + 0,96 + 8,7 = 15,68 \text{ кВт} = 0,0135 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

2.3.2 Втрати теплоти в трубопроводах системи опалення

Втрати теплоти в трубопроводах системи опалення, що проходять по не опалювальних підвалах і підпіллях визначаються за формулою:

$$Q_2 = 0,02 \cdot (Q_{огор} + Q_{inf}).$$

За формулою маємо:

$$Q_2 = 0,02 \cdot (0,043 + 0,0135) = 0,00113 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} = 1,31 \text{ кВт}.$$

2.3.3 Надходження теплоти від людей

Знайдемо теплоту, що надходить від людей за виразом:

$$Q_3 = n \cdot q_{\text{я}},$$

де: $q_{\text{я}}$ – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною, $q_{\text{я}} = 84 \text{ Вт/люд.}$;

n – кількість людей, які одночасно знаходяться у приміщенні.

Кількість людей осереднена 322 за добу. При знаходженні протягом в середньому 8 годин в школі за добу, отримаємо:

$$n = \frac{322 \cdot 8}{24} = 107 \text{ чол.}$$

Підставимо значення у формулу :

$$Q_3 = n \cdot q_{\text{я}} = 107 \cdot 84 = 8,98 \text{ кВт} = 0,008 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

2.3.4 Надходження теплоти від освітлювальних приладів

Розрахуємо теплоту, що надходить від освітлювальних приладів за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot k_{\text{в.осв}},$$

де: $N_{\text{осв}}$ – сумарна потужність освітлювальних приладів, кВт;

$k_{\text{осв}}$ - коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні;

$k_{\text{в.осв}}$ - коефіцієнт використання світильників.

Надходження теплоти від люмінесцентних ламп складатиме:

Кількість ламп : 138 шт.

Потужність 1-ї лампи: $N_{\text{осв1}} = 0,018 \text{ кВт.}$

$$Q_{\text{осв1}} = (0,072 \cdot 122 + 0,036 \cdot 16) \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 1,5 \text{ кВт.}$$

Надходження теплоти від ламп розжарювання складатиме:

Кількість ламп : 25 шт.;

Потужність 1-ї лампи: $N_{осв2} = 0,06$ кВт.

$$Q_{осв1} = 0,06 \cdot 25 \cdot 0,4 \cdot 0,95 = 0,57 \text{ кВт}.$$

Сумарне надходження теплоти від освітлювальних приладів складає:

$$Q_{\Sigma} = Q_{осв1} + Q_{\Sigma осв2} = 1,5 + 0,57 = 2,07 \text{ кВт}.$$

2.3.5 Надходження теплоти від сонячної радіації

Розрахуємо теплоту, що надходить від сонячної радіації за формулою:

$$Q_{сон} = \zeta_{в} \epsilon_{в} (F_{Пн} I_{Пн} + F_C I_C + F_{Пд} I_{Пд} + F_3 I_3) + \zeta_{зл} \epsilon_{зл} F_{спл} I_{\Gamma},$$

де: $\zeta_{в}$, $\zeta_{зл}$ - коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відносно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення;

$\epsilon_{в}$, $\epsilon_{зл}$ - коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих заповнень вікон і zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або за таблицею;

$F_{Пн}$, F_C , $F_{Пд}$, F_3 , - площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма сторонами світу, м²;

$F_{спл}$ - площа світлових прорізів zenітних ліхтарів будинку, м²;

$I_{Пн}$, I_C , $I_{Пд}$, I_3), - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтована за чотирма фасадами будинку, Вт/м² (для проміжних орієнтирів фасадів будинків, що відрізняються від напрямків на Пн, Пд, З, С (ПнЗ, ПнС, ПдЗ, і ПдС), величину сонячної радіації треба визначати за інтерполяцією);

I_{Γ} - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню, за умов хмарності, Вт /м².

Тоді:

$$Q_{\text{con}} = 0,75 \cdot 0,65 \cdot (312,73 \cdot 21,71 + 123,46 \cdot 40 + 78 \cdot 70,42 + 123,46 \cdot 40,5) = 9161,2 \text{ Вт} = 9,16 \text{ кВт}$$

Розрахуємо витрати теплоти на вентиляцію будинку. Так як висота приміщення не більше 3,5 м, тоді розрахунок ведемо за формулою :

$$Q_{\text{вв}} = 0,337 \cdot h \cdot F_n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = 0,337 \cdot 3,3 \cdot 1252 \cdot (21 + 0,1) = 29378,57 \text{ Вт} = 0,029 \text{ МВт},$$

де F_n – опалювальна площа, м^2 ;

h – висота приміщення, м.

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{оз}} + Q_{\text{од}} = 45,7 + 26,2 = 71,87 \text{ кВт}$$

Таким чином, загальні теплові втрати складають **71,867** кВт до впровадження енергозберігаючих заходів.

Спираючись на розрахункові значення існуючих тепловтрат об'єкту розрахуємо максимальне теплове навантаження на опалення Гкал/год та річні витрати теплової енергії, Гкал/рік розраховану на середню температуру за опалювальний період:

Представимо отримані результати у вигляді діаграми на рисунку 2.1

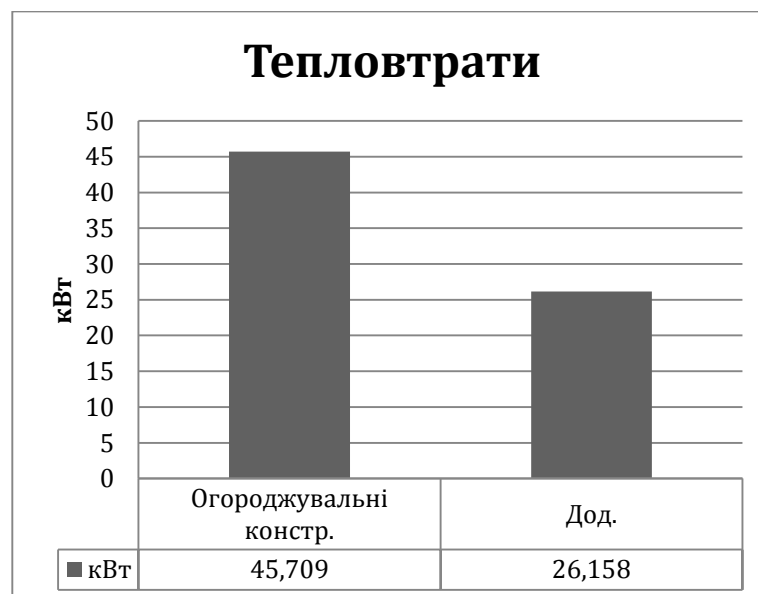


Рисунок 2.1 – Зведена діаграма тепловтрат ліцею

Як видно з діаграми, найбільша частина тепловтрат, припадає на огорожувальні конструкції, додаткові втрати через вентиляцію. Утеплення зовнішніх конструкцій є основним і першочерговим заходом для енергозбереження.

Максимальне теплове навантаження на опалення, Гкал/год становить:

$$W = 0,86 \cdot Q \cdot \frac{(t_g - t_z)}{t_g - t_{z,cp}} \cdot 10^{-3}, [Гкал / год];$$

$$W = 0,86 \cdot 71,867 \cdot \frac{(21 + 22)}{21 + 0,1} \cdot 10^{-3} = 0,126 Гкал / год.$$

Річні витрати теплової енергії становлять:

$$W_{річ.} = 24 \cdot 71,867 \cdot 176 \cdot 0,86 = 261,066 Гкал / рік.$$

2.4 Методика ДСТУ-БА 2.2-12:2015

2.4.1 Теплопередача трансмісією

Сумарну теплопередачу трансмісією Q_{tr} , Вт·год, згідно з [2] розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t ;$$

де $H_{tr,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-ззовні

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, °С,

$\theta_{int,set,C}$ – задана температура зони будівлі для охолодження, °С,

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С,

t – тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год.

Обрахунки ведуться для всіх місяців опалювального періоду.

На прикладі представимо розрахунки для місяця січень. Всі інші місяці

рахуємо аналогічно. Результати зведемо до таблиці 2.1.

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,setH} - \theta_e)t$$

$$Q_{tr} = 2723,1 \cdot (20 - (-5,9)) \cdot 744 = 52473 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr,adj}$, Вт/К, повинно бути розраховане за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A,$$

де H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до

грунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В загальному випадку H_x , що відображає H_D , H_g , H_U або H_A , складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \left[\sum A_i \cdot U_i + \sum l_k \cdot \psi_k + \sum x_j \right]$$

де A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, м²;

U_i – коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, Вт/(м²·К), що становить $U_i = 1/R\Sigma i$;

$R\Sigma i$ – опір теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, м²·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189;

Ψ_k – лінійний коефіцієнт теплопередачі k-го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К)

l_k – довжина k-го лінійного теплопровідного включення, м;

χ_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j-го точкового теплопровідного включення, Вт/К,

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт.

Таблиця 2.8 – Розрахунок трансмісійних тепловтрат

Місяць	$\theta_e, ^\circ C$	T, дні	$\theta_{int,set,H}$	$H_{tr,adj}, B m / K$	$Q_{tr}, \kappa B m \text{ год}$
1	-5,9	744	20	2723,1	52473
2	-5,2	672	20		46114
3	-0,4	744	20		41330
4	7,5	720	20		24508
5	14,7	744	20		10738
6	19,8	720	20		392
7	18,7	744	20		2634
8	13,9	744	20		12358
9	7,5	720	20		24508
10	1,2	744	20		38088
11	-3,5	720	20		46074
12	7,2	744	20		25932

$$\sum Q_{tr} = 325148,1$$

2.4.2 Теплопередача вентиляцією

Сумарну теплопередачу вентиляцією Q_{ve} , Вт·год, розраховують для кожного місяцю та для кожної z-ої зони за формулами:

– для опалення:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) t;$$

де $H_{ve,adj}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$ – задана температура зони будівлі для опалення, $^\circ C$

θ_e – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °C,

t – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год,

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{ve,adj}$, Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \left(\sum_k b_{ve,k} q_{ve,k,mn} \right),$$

де $\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м³·К);

$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, м³/год;

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -го елемента повітряного потоку, зі значенням $b_{ve,k} \neq 1$, якщо температура припливного повітря $\theta_{sup,k}$ не дорівнює температурі зовнішнього середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти;

k – представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація, природна вентиляція, механічна вентиляція тощо.

Усереднену за часом витрату повітря k -го елемента повітряного потоку $q_{ve,k,mn}$, м³/год, розраховують за формулою:

$$q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} V,$$

де $n_{inf,mn}$ – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, враховуючи вплив механічної вентиляції, год⁻¹;

V – кондиціонований об'єм зони/будівлі, м³;

Розрахунок для місяця січень, всі інші за аналогією. Результати зведемо в таблицю.

$$V_h = V_f \cdot h = 3757,$$

$$V_e = 0,8 \cdot V_h$$

$$V_e = 0,8 \cdot 3757 = 3005,6 \text{ , } m^3$$

$$H_{VE} = 0,33 \cdot 3005,6 = 991,9 \text{ , } \frac{Bm}{K}$$

Таблиця 2.9 – теплопередача природною вентиляцією

Місяць	$\theta_e, ^\circ C$	Т, дні	$\theta_{int, set, H}$	$H_{tr, adj}, Bm / K$	$Q_{tr}, \kappa Bm \text{ год}$
1	-5,9	744	20	991,9	19114
2	-5,2	672	20		16797
3	-0,4	744	20		15055
4	7,5	720	20		8927
5	14,7	744	20		3911
6	19,8	720	20		143
7	18,7	744	20		959
8	13,9	744	20		4502
9	7,5	720	20		8927
10	1,2	744	20		13874
11	-3,5	720	20		16783
12	7,2	744	20		9446

$$\sum Q_{tr} = 118438$$

2.4.3 Загальні тепловтрати

Загальні тепловтрати складаються з суми трансмісійних на вентиляційних витрат.

$$Q_{ht} = Q_{tr} + Q_{ve}$$

$$Q_{ht} = 325148,1 + 118438 = 443586,1 \text{ } \kappa Bm \text{ год}$$

В таблицю 2.10 запишемо загальні тепловтрати по кожному місяцю

Таблиця 2.10 – Загальні тепловтрати

Місяці	Q_{ve}	Q_h	Q_{ht}
1	52473	19114	71586
2	46114	16797	62911
3	41330	15055	56384
4	24508	8927	33435
5	10738	3911	14649
6	392	143	535
7	2634	959	3593
8	12358	4502	16860
9	24508	8927	33435
10	38088	13874	51962
11	46074	16783	62857
12	25932	9446	35378
$\sum Q_{ht} = 443585,7$			

2.4.4 Внутрішні теплонадходження

Внутрішні теплонадходження, теплонадходження від внутрішніх теплових джерел, включаючи від’ємні теплонадходження (розсіяна теплота від внутрішнього середовища до холодних джерел або «стоки»), складаються з будь-якої теплоти, що створюється в кондиціонованому об’ємі внутрішніми джерелами, крім тої, що навмисно використовується для опалення, охолодження або ГВП.

Внутрішні теплонадходження включають:

- метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;
- теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;
- теплоту від або до процесів та продукції.

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int} , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{\text{int}} = \left(\sum_k \Phi_{\text{int},m,n,k} A_f \right) t,$$

де $\Phi_{\text{int},m,n,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт/м²;

A_f – кондиціонована площа зони будівлі, м²;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

$$\Phi_{\text{int},m,n,k} = \frac{112}{168} \cdot (1,8 + 2) = 3,86 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$$Q_{\text{int}} = (3,86 \cdot 1252) \cdot 744 = 3595,5 \quad \text{кВт} \cdot \text{год}$$

Для інших місяців результати запишемо до таблиці 2.11

Таблиця 2.11 – Внутрішні теплонадходження

Mic.	Qe	t	Φint	Qint	Од. вимір.
1	-5,9	744	3,866666667	3595,54	кВт*год
2	-5,2	672		3247,58	
3	-0,4	744		3595,54	
4	7,5	720		3479,55	
5	14,7	744		3595,54	
6	19,8	720		3479,55	
7	18,7	744		3595,54	
8	13,9	744		3595,54	
9	7,5	720		3479,55	
10	1,2	744		3595,54	
11	-3,5	720		3479,55	
12	7,2	744		3595,54	
				Σ42334,6	

2.4.5 Сонячні теплонадходження

Джерелом теплових надходжень від сонця є сонячна радіація, режим якої характерний у даній місцевості, та визначається орієнтацією сприймаючих поверхонь, постійним чи рухомим затіненням, пропусканням та поглинанням сонячної енергії й характеристиками теплопередачі сприймаючих поверхонь. Коефіцієнт, що включає характеристики та площу сприймаючих поверхонь (включно з впливом затінення), називається еквівалентною площею інсоляції.

Загальні сонячні тепло надходження

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця Q_{sol} , Вт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) t,$$

де $\Phi_{sol,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k -го джерела сонячного випромінювання, Вт

t – тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах,

2.4.6 Сонячні теплонадходження через елементи будівлі

Сонячні теплонадходження через k -ий елемент будівлі $\Phi_{sol,k}$, Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} - F_{r,k} \Phi_{r,k},$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції k -ої поверхні;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м², визначена згідно з [2].

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі k -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м²;

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_r = 1$ – для незатіненого горизонтального даху, $F_r = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від k -го елемента будівлі

2.4.7 Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів

Еквівалентну площу інсоляції заксленого елемента оболонки (наприклад, вікна) A_{sol} , м², розраховують за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p},$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, визначений згідно з [2]. У випадку відсутності засобів рухомого затінення $F_{sh,gl} = 1$;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорій частини елемента,

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції заксленого елемента $A_{w,p}$ – загальна площа проекції заксленого елемента (наприклад, площа вікна), м².

Для вікон чи інших закслених елементів оболонки з нерозсіювальним склінням коефіцієнт пропускання сонячної енергії для випромінювання, перпендикулярного до скління g_n необхідно розраховувати з урахуванням оптичних властивостей багатошарового скління або приймати згідно з даними таблиці.

Через те, що осереднений за часом загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії – це параметр, значення якого дещо нижче за g_n , то для його обчислення використовують поправочний коефіцієнт F_w , як наведено у формулі:

$$g_{gl} = F_w g_n,$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймають

$$F_w = 0,90$$

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі A_{sol} , м², розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c,$$

де $\alpha_{s,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають;

R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м²·К/Вт, приймають 0,043 м²·К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м²·К); для фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та вентильованих горищних покриттів значення U_c необхідно помножити на коефіцієнт 0,04;

A_c – площа проекції непрозорої частини, м².

2.4.8 Теплове випромінювання в атмосферу

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі ϕ_r , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta \theta_{er},$$

де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорій частини, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, приймають $0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорій частини, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

A_c – площа проекції елемента, м^2 ;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

$\Delta \theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, $^{\circ}\text{C}$, для помірних широт приймають $\Delta \theta_{er} = 11 \text{ К}$.

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні h_r , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, може бути наближено розрахований за формулою:

$$h_r = 4 \varepsilon \sigma (\theta_{ss} + 273)^3,$$

де ε – коефіцієнт поглинання теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають за довідковими даними залежно від її типу;

is the emissivity for thermal radiation of the external surface

значення коефіцієнта випромінювання для теплового випромінювання зовнішньої поверхні

σ – стала Стефана-Больцмана: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$;

θ_{ss} – середньоарифметичне значення поверхневої температури та температури атмосфери, $^{\circ}\text{C}$.

При першому наближенні, h_r приймають рівним $5\varepsilon \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що відповідає середній температурі 10°C .

Табл. 2.12 Площа світлопрозорих огорожень

	$A_w, \text{м}^2$	$A_{sol}, \text{м}^2$
Пн	7,77	3,27
Сх	66,77	28,18
Пд	5,52	2,32
Зх	88,94	37,54

Табл. 2.13 Площа невітлопрозорих огорожень

	$A_w, \text{м}^2$	$A_{sol}, \text{м}^2$	$\Phi_r, \text{Вт}$
Пн	52,98	0,85	145,65
Сх	211,94	3,41	582,68
Пд	52,98	0,85	145,65
Зх	211,94	3,41	582,68
Дах	702,8	8,81	1502,20

Результати розрахунку теплового випромінювання зведемо до таблиці 2.14

місто	Київ											
місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
північ	13	24	35	39	56	67	61	40	29	19	11	9
схід	21	36	58	77	104	111	108	93	70	38	17	14
південь	50	70	90	92	101	96	98	106	102	75	39	35
захід	22	38	61	73	99	105	104	89	66	37	17	15
Горизонт.	32	55	101	149	211	228	220	185	130	71	31	22

Таблиця 2.14 – Сонячні тепло надходження, Q_{sol} , кВт·год.

місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вікна												
Північ	32	53	85	92	137	158	149	98	68	46	26	22
Схід	440	682	1216	1562	2181	2252	2265	1950	1420	797	345	294
Південь	87	110	156	154	175	161	170	184	171	130	65	61
Захід	614	959	1704	1973	2765	2838	2905	2486	1784	1033	460	419
Стіни												
Північ	-46	-35	-32	-28	-19	-11	-21	-29	-35	-42	-46	-48
Схід	-163	-113	-69	-20	48	63	78	20	-38	-120	-168	-181
Південь	-22	-9	3	4	10	7	11	13	10	-7	-28	-32
Захід	-161	-109	-62	-30	35	49	64	10	-47	-123	-168	-179
Дах												
	1327	1335	1780	2027	2501	2528	2560	2330	1906	1583	1278	1262
Сума	2108	2873	4781	5734	7832	8045	8180	7061	5241	3298	1764	1617

2.4.9 Загальні теплонадходження

Загальні теплонадходження складаються з суми додаткових та сонячних.

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{int}} + Q_{\text{sol}}$$

$$Q_{\Sigma} = 42334,6 + 58535,2 = 100869,8 \text{ кВт год}$$

В таблицю 2.15 запишемо загальні тепловтрати по кожному місяці

Таблиця 2.15 – Загальні тепловтрати

Місяці	Qsol	Qint	Qsum
1	2108,11	3595,54	5703,65
2	2872,56	3247,58	6120,15
3	4781,22	3595,54	8376,77
4	5734,17	3479,55	9213,73
5	7832,45	3595,54	11427,99
6	8045,12	3479,55	11524,68
7	8179,92	3595,54	11775,46
8	7061,29	3595,54	10656,83
9	5241,10	3479,55	8720,65
10	3298,23	3595,54	6893,78
11	1764,12	3479,55	5243,68
12	1616,82	3595,54	5212,37
$\sum Q_{ht} = 100869,8$			

2.5 Розрахунок у середовищі RETScreen

RETScreen - це програмний інструмент для аналізу проектів з використанням чистої енергії на базі електронних таблиць Excel. Він дозволяє визначити технічну і фінансову доцільність потенційних проектів електростанцій на джерелах відновлюваної енергії та когенерації (спільного виробництва тепла та електроенергії), а також їх енергетичну ефективність.

Завдяки даному середовищу можна оцінити терміни окупності від впровадження енергозберігаючих заходів.

Для початку задаємося даними про будівлю та кліматичну зону в якій розміщена будівля. На рисунку 2.2 можемо побачити який вигляд має діалогове вікно.

Информация о проекте [См. базу проектов](#)

Название проекта: Политехнический лицей КПИ
 Местоположение проекта: бул.Лепсе 41-а

Подготовлено для:
 Подготовлено:

Тип проекта: Мероприятия по энергосбережению

Тип объекта: Институционный

Тип анализа: Метод 1

Величина теплотворной способности: Высшая теплота сгорания

Показать настройки ☐

Исходные условия местонахождения [Выберите климатическую зону](#)

Размещение климатических данных: Kiev/Zhulyany

Показать данные ☒

Рисунок 2.2 – Інформація про проект

У лист енергетичної моделі необхідно внести дані по споживанню теплової та електричної енергії за рік. Дані взяті з лічильників. На рисунку 2.3 бачимо заповнений лист енергетичної моделі.

Топливо		Вид топлива 1	Вид топлива 2
Вид топлива		Электроэнергия	Природный газ -
Потребление топлива - единицы		МВт·ч	кВт·ч
Цена на топливо - единица		\$/кВт·ч	\$/кВт·ч
Стоимость топлива		0,060	0,049

Расписание	Единица	Расписание 1	Расписание 2
Описание		24/7	Занятый
Температура - отопление помещений	°C	20,0	
Температура - кондиционирование помещений	°C	25,0	
Температура - без людей	+/-°C		
Коэффициент занятости - в день		ч/день	
Понедельник		24	
Вторник		24	
Среда		24	
Четверг		24	
Пятница		24	
Суббота		24	
Воскресенье		24	
Коэффициент занятости - в год	ч/год	8 760	
	%	100%	
Температура переключения отопление/охлаждение	°C	8,0	
Продолжительность отопительного сезона	д	148	
Сезон применения системы охлаждения	д	217	

Рисунок 2.3 – Енергетична модель

Також в листі енергетичної моделі вносяться дані щодо температури опалення приміщень та температури переключень.

У вкладку «Оболонка будівлі» вносимо дані, орієнтуючись по сторонам світу. Вносимо значення площ огорожувальних конструкцій: даху, стін, вікон, підлоги. Та капітальні затрати, які необхідні для модернізації даних ділянок. На рисунку 2.4 побачимо як це виглядає в програмі.

	Базовый случай				Предлагаемый случай				
Северная сторона здания	45				45				<input checked="" type="checkbox"/> Базовый случай = предлагаемый случай
Расписание	Расписание 1				Расписание 1				
Описание	24/7				24/7				
Оболочка здания									
	Север	Восток	Юг	Запад	Север	Восток	Юг	Запад	Дополнительные капитальные затраты
Стены									
Площадь	м²	52,98	211,94	52,98	211,94	52,98	211,94	211,94	
или г-значение	м² · °C/Вт	1,25	1,25	1,25	1,25	3,58	3,58	3,58	3,58
<input checked="" type="checkbox"/> Окно									
Площадь	%	7,77	66,77	5,52	88,94	7,77	66,77	5,52	88,94
или г-значение	м² · °C/Вт	0,72	0,72	0,72	0,72	2,46	2,46	2,46	2,46
Коэффициент усиления солнечной энергии									
<input checked="" type="checkbox"/> Затенение от солнца - сезон использования									
Затенение - зима	%	9	8	7	8	9	8	7	8
Затенение - лето	%	8	9	19	10	8	9	19	10
<input type="checkbox"/> Двери									
<input checked="" type="checkbox"/> Крыша									
Площадь	м²	702,8			702,8				
или г-значение	м² · °C/Вт	0,97			4,33				
<input checked="" type="checkbox"/> Пол									
Площадь	м²	626			626				
или г-значение	м² · °C/Вт	1,67			1,67				
<input type="checkbox"/> Стена - ниже поверхности земли									
<input type="checkbox"/> Пол - ниже поверхности земли									
Дальше									Дальше

Рисунок 2.4 – Оболонка будівлі.

Аналогічно як із вкладкою оболонка будівлі, на рисунку 2.5, 2.6 та 2.7 можемо побачити заповнені вкладки для освітлення, вентиляції та електрообладнання.

Вентиляция

1 2 3 4 5

Описание

Метод 1 2

	Базовый случай	Предлагаемый случай
Расписание	Расписание 1	Расписание 1
Описание	24/7	24/7
Поток	м³/ч 2 629,9	2 629,9
Свежий воздух	% 100	100
Система промпрегрева	Да	Да
Выбор системы	Тепло	Тепло
Ручка управления вентилятора	Константа	Константа
Регулирование вентиляции	Константа	Константа
Утечка в воздушной заслонке на входе	Дающий течь	Дающий течь
Эффективность утилизации тепла	%	
Дополнительные капитальные затраты	\$	
Дополнительная экономия на эксплуатации и обслуживании	\$	
Количество вентиляционных установок	1	1
Отопительная система	Отопительная система 1	Отопительная система 1
Описание отопительной системы		
Отопительная нагрузка	МВт·ч 29	29 0,0%

✓ ✗ ✎ 🖨️ ?

Рисунок 2.5 – Вентиляція.

Освещение

1 2 3 4 5

Описание

Метод 1 2

Освітлення

	Базовый случай	Предлагаемый случай
Площадь пола	м² 1 252	
Осветительная нагрузка на единицу площади	Вт/м² 15	15
Рабочие часы	ч/день 5	5
Дополнительные капитальные затраты	\$ 0	
Дополнительная экономия на эксплуатации и обслуживании	\$ 0	
Количество единиц	1	1
Потребление электроэнергии	МВт·ч 34	34 0,0%

Действие охлаждения помещения
☐ Да ☒ Нет

Действие отопления помещения
☐ Да ☒ Нет

✓ ✗ ✎ 🖨️ ?

Рисунок 2.6 – Освітлення

З графіку можна зробити висновок, що заходи з енергозбереження окупляться в середньому за 9 років. У цьому показнику враховано темп інфляції цін. Чим більші ціни на енергоносії тим заходи швидше окуповуються, це необхідно розуміти, адже це важливі інвестиції в майбутнє. Зменшуючи кількість спожитої енергії в країні формується відповідальний підхід до споживання енергії.

МЕЗ 2.1. Проведення комплексної термосанації

Стіни.

Для ізоляції огорожувальних конструкцій вибрали мінераловатні плити товщиною 150 мм (Ceresit). Об'єм робіт 529,85 м². Вартість одиниці 850 грн.

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорій огорожувальної конструкції $R_{q \min}=3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, згідно [1].

Враховуючи шар утеплювача, опір теплопередачі складатиме:

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,15}{0,054} + \frac{1}{23} = 3,58 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}},$$

Утеплення призведе до зменшення основних і додаткових тепловтрат через зовнішні стіни. Нові значення складатимуть:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.с.}}) = 0,28 \cdot 529,85 \cdot (20 + 0,1) = 2974,9 \text{ Вт}$$

де $t_{\text{в}}$ – нормативна температура в середині приміщення $t_{\text{в}}=21 \text{ } ^\circ\text{C}$, згідно [1];

$t_{\text{з.ср}}$ – середня температура навколишнього середовища $t_{\text{з}}=-0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, згідно [3];

Теплоспоживання об'єкта обчислюється як:

$$W = 0,86 \cdot Q \cdot S \cdot 24 \cdot 10^{-3} [\text{Гкал}],$$

де: Q – тепловтрати об'єкта, кВт;

S – кількість діб опалювального періоду, $S=176$

Зменшення тепловтрат при впровадженні утеплення зовнішніх стін складає:

$$Q_{н.з.} = 14952,75 - 2974,9 = 11977,85 \text{ Вт}$$

тоді економія тепло споживання становить:

$$W_{н.з.} = 0,86 \cdot 24 \cdot 11,97 \cdot 176 \cdot 10^{-3} = 43,5 \text{ Гкал}$$

Таким чином, внаслідок утеплення зовнішніх стін економія грошових коштів дорівнює:

$$P = 43,5 \cdot 1866,50 = 81192,75 \text{ грн / рік}$$

Орієнтовна кошторисна вартість утеплення фасаду становить **450500 грн.**

Строк окупності утеплення фасаду становить 5.5 років.

Дах.

Утеплення перекриттів даху плитами з ППУ товщиною 200 мм

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,1}{0,19} + \frac{0,005}{0,81} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{6} = 4,33 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}}{\text{Вт}}$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі перекриття неопалювальних горищ $R_{min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ згідно з [1], тому:

$$R_\Sigma = 4,33 \text{ м}^2 \text{К/Вт} < R_{q \min} = 4,95 \text{ м}^2 \text{К/Вт}.$$

Ми наблизилися до нормативного значення, тим самим тепловтрати зменшаться.

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{в} - t_{з.с.}) = 0,23 \cdot 626 \cdot (20 + 0,1) = 2893,9 \text{ Вт}$$

Зменшення тепловтрат при впровадженні утеплення зовнішніх стін складає:

$$Q_{н.з.} = 14384,2 - 2893,9 = 11490,3 \text{ Вт}$$

Тоді економія тепло споживання становить 41 Гкал/рік.

$$P = 41,7 \cdot 1866.50 = 77833.05 \text{ грн} / \text{рік}$$

Орієнтовна кошторисна вартість утеплення даху становить
622870 грн

Даний захід окупиться за 8 років.

МЕЗ 2.2. Встановлення ІТП

Будівля отримує тепло від централізованого джерела теплової енергії. Відсутнє автоматичне регулювання подачі теплоносія, що сприяє надлишковому споживанню теплової енергії, зокрема в перехідний період (весна осінь) та в неробочі дні та години.

Пропонується встановити ІТП з погодним регулюванням та циркуляційним насосом, що дозволить автоматично регулювати кількість тепла, що споживає будівля, в залежності від зовнішньої температури. Це дозволить уникнути понад нормованого збільшення температури в приміщеннях у осінньо-весняний період та зменшити втрати тепла за рахунок провітрювання. Заміна застарілого теплового пункту на сучасний ІТП дозволяє на третину знизити теплоспоживання будівлі, при цьому інвестовані кошти повернуться протягом одного-двох опалювальних періодів.

Загальна площа 1252,4 м²

Діючий тариф 2,27 грн/кВт*год

Питома економія енергії 19,74 кВт*год/м²рік

Економія енергії від впровадження заходу: 24726 кВт*год/рік

Економія від впровадження заходу: 56 128 грн/рік

Термін окупності = 3,1 років.

МЕЗ 2.3: Заміна старих вікон на енергозберігаючі

Заміна дерев'яних вікон на металопластикові з мінімально допустимим опором теплопередачі $R_{q \min} = 0,72 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. У ліцеї залишилось 10% вікон не поміняних на металопластиові.

Розрахуємо тепловтрати через нові енергозберігаючі вікна:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.с.}}) = 1,33 \cdot 51 \cdot (20 + 0,1) = 1366,8 \text{ Вт} / \text{год}$$

Завдяки цьому, ми досягнемо незначного підвищення опору теплопередачі,

Очікувана економія теплової енергії становить 3 Гкал/рік. У грошовому еквіваленті це 5599.5 грн/рік.

Вартість 1 м² енергозберігаючого двокамерного вікна становить 2100 грн.

Орієнтовна кошторисна вартість заміни вікон становить **108087. грн.**

Строк окупності заміни вікон становить 19 роки

3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз та розрахунки системи електропостачання

Постачальником електроенергії у м.Києві є ПрАТ «ДТЕК Київські Електромережі».

Електроенергія постачається в ліцей від ТП-1344, який розташований на відстані 40м від ліцею. Від трансформатора живиться тільки ліцей і його зовнішнє освітлення.

Будинки навчальних закладів, в яких навчається: понад 200 до 1000 осіб включно відносяться до II категорії надійності електропостачання.

Напруга вторинного кола 380/220 В, нейтраль – глухозаземлена. Від підстанції до електрощитової школи електрична енергія подається кабелем АСБ 3×35+1×16.

3.1.1 Схема живлення об'єкта та її аналіз

Схема електропостачання об'єкту є не надійною, оскільки живлення всього обладнання здійснюється від одного трансформатора. В аварійному режимі, при ліквідації несправності мережі, електропостачання буде припинено. Також неможливо вивести трансформатор на ремонтні роботи не відключаючи живлення школи.

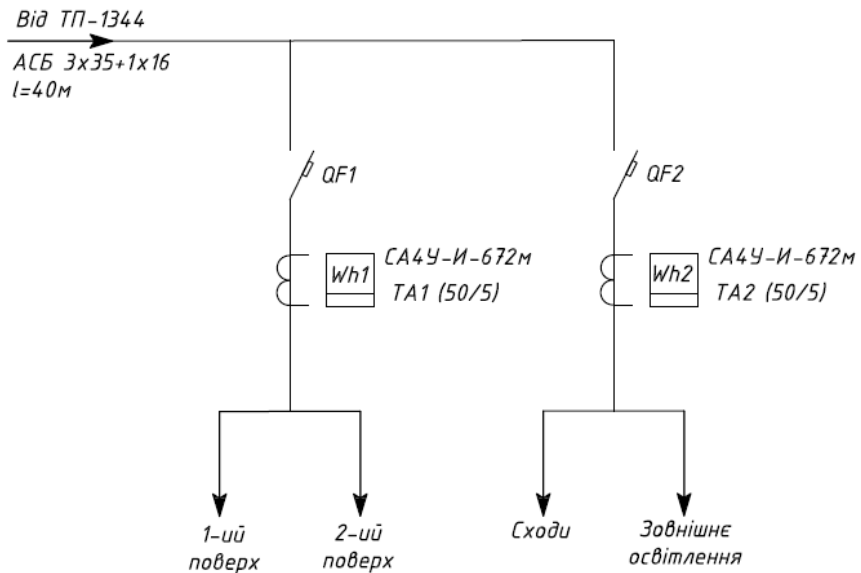


Рисунок 3.1 – Електрична схема ліцею НТУУ КПІ.

3.1.2 Розподіл електричної енергії по території об'єкту

Найбільшу долю в електроспоживанні об'єкту займає електроустаткування харчоблоку, яке складається з: 2 плит електричних потужністю 2 кВт кожна, 1 електром'ясорубки потужністю 1,75 кВт, 4 холодильників потужністю 0,85 кВт. Із запропонованих заходів, можна замінити 2 холодильники та морозильні камери.

Другий вид електроспоживачів які використовують значну долю електричної енергії це робоче освітлення, яке виконане наступними світильниками: 122 люмінесцентні лампи потужністю 72 Вт кожна, лампи розжарювання 25 шт по 60 Вт кожна, 16 люмінесцентних потужністю 36 Вт та зовнішнє освітлення 4 лампи по 1200 вт кожна. Люмінесцентними лампами освітлюються коридори, класні кімнати, деякі кабінети, та сходові клітини. Загальна кількість: 167 ламп.

Недоліків системи освітлення немає, майже всі старі лампи замінені на нові, люмінесцентні з високою ефективності використання електроенергії. Тому проводити реконструкцію системи освітлення, замінивши лампи

розжарювання на компактні люмінесцентні лампи не має сенсу. Хорошим варіантом буде обладнати існуючі люмінесцентні лампи пуско- регулюючою апаратурою(ПРА) та датчиками руху.

Основні показники електропостачання:

Освітлення:

Встановлена потужність – 15,66 кВт

- Загальна кількість світлових точок – 167 шт.

Електроустаткування харчоблоку:

Встановлена потужність – 13,15 кВт.

- двома електроплитами ОРЕСТ потужністю 8 кВт кожна;
- однією м'ясорубкою потужністю 1,75 кВт;
- двома морозильними камерами потужністю 2 кВт кожна;
- чотирма холодильниками побутовими потужністю 4 кВт кожного;
- однією овочерізкою потужністю 1,1 кВт

Офісна техніка:

- 34 комп'ютери потужністю 0,5 кВт кожен;
- 7 принтерів потужністю 0,5 кВт кожен;
- 14 проекторів потужністю 0,4 кВт кожен.

Для заземлення використовуються нульові дроти, сталеві труби. Заземленню підлягають всі металеві частини електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою.

Система примусової вентиляції при проектуванні будівлі школи не була передбачена.

3.2 Повірочний розрахунок навантаження об'єкта

Розрахунок навантажень проведемо для двох ЩР та двох ЩО. ЩР1 призначений для живлення першого поверху, ЩР2 – для другого. ЩО3 та ЩО4 призначенні для коридорів та зовнішнього освітлення відповідно. Коефіцієнти взято з Державних будівельних норм [10]

Розрахунок навантажень зведемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок навантажень розподільчих та освітлювальних щитів

Назва ЕП	n,шт	P _н , кВт	Σ P _н , кВт	K _в	cosφ	P _{нр.} , кВт	Q _{нр.} , кВАр	n _{еф} ,шт	K _р	P _р , кВт	Q _р , кВАр	S _р , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЩР 1 (1-й)												
Електроплита	2	8,00	16,00	0,5	0,88	8,00	4,32					
М'ясорубка	1	1,75	1,75	0,4	0,9	0,70	0,34					
Морозилка	2	2	4,00	0,6	0,83	2,40	1,61					
Холодильник	4	4	16,00	0,6	0,9	9,60	4,65					
Овочерізка	1	1,1	1,10	0,4	0,9	0,44	0,21					
Принтер	2	0,5	1,00	0,35	0,98	0,35	0,07					
Проектор	4	0,4	1,60	0,3	1	0,48	0,00					
Комп'ютер	6	0,45	2,70	0,6	0,63	1,62	2,00					ток
Лампи	52	0,072	3,64	0,7	1	2,55	0,00					42,81
Лампи розж.	10	0,06	0,60	0,7	1	0,42	0,00					
Всього для ЩР 1	84		48,39	0,55		26,56	13,20	12,1	1,0	26,56	13,2	29,66
ЩР2												
Лампи розжарювання	15	0,06	0,90	0,7	1,00	0,63	0,00					
Комп'ютер	28	0,45	12,6	0,6	0,63	7,56	9,32					
Лампи люм	55	0,07	3,96	0,7	1,00	2,77	0,00					
Проектор	10	0,4	4,0	0,7	1,00	2,8	0,00					ток
Принтер	5	0,5	2,5	0,35	0,98	0,88	0,18					32,02
Кондиционер	2	2,5	5,00	0,7	0,95	3,5	1,15					
Всього на ЩР2	115		28,96	0,6		18,14	12,77	23,2	1	18,14	12,77	22,18
ЩО3												
Лампи люм	16	0,036	0,48	0,9	1	0,43	0					
Лампи люм	16	0,072	1,12	0,9	1	1,01	0					
Всього на ЩО3	32		1,60	0,9		1,44	0	32	1	1,44	0	1,44

Продовження до таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЩО4												
Зовнішнє осв.	4	1.2	4,8	0,9	1	4,32	0					6,24
Всього на ЩО4	4		4,8	0,9		4,32	0	4,0	1	4,32	0	4,32
Шини НН										50.46	25.97	56.75

Знаходимо сумарну кількість електроприймачів та сумарну номінальну потужність за формулою:

$$\sum P_n = \sum_{i=1}^n P_i n_i, \quad (3.1)$$

де P_i - номінальна потужність окремого виду електроприймачів, кВт;

n_i - кількість таких електроприймачів.

Підставимо значення в (3.1)

$$\begin{aligned} \sum P_n &= 2 \cdot 8 + 1 \cdot 1,75 + 2 \cdot 2 + 4 \cdot 4 + 1 \cdot 1,1 + 2 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,4 + 6 \cdot 0,45 + 52 \cdot 0,072 + \\ &+ 10 \cdot 0,06 = 48.39 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

Для кожного виду електроприймача знаходимо значення коефіцієнта використання встановленої потужності і коефіцієнта потужності згідно з [10] та заносимо до таблиці 3.1. Після цього розраховуємо значення приведеної потужності за формулою:

$$P_{пр.} = \sum P_n \cdot K_v,$$

Для електроплити такий розрахунок матиме вигляд:

$$P_{пр.} = 16 \cdot 0,5 = 8 \text{ кВт,}$$

Аналогічно розраховуємо для інших видів електроприймачів та знаходимо значення середньої потужності для всього розподільчого щита. Коефіцієнт використання встановленої потужності для ЩО1 знаходимо по формулі:

$$K_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{пр.}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{н}}}, \quad (3.2)$$

де $P_{\text{пр.}}$ - приведена потужність електроприймачів, кВт;

$P_{\text{н}}$ - номінальна потужність електроприймачів, кВт.

Розрахуємо ефективне число електроприймачів. Для цього знайдемо спочатку параметр m за формулою:

$$m = \frac{P_{\text{н.найб.}}}{P_{\text{н.найм.}}}, \quad (3.3)$$

де $P_{\text{н.найб.}}$ - найбільше значення номінальної потужності одного ЕП, кВт;

$P_{\text{н.найм.}}$ - найменше значення номінальної потужності одного ЕП, кВт.

$$m = \frac{8}{0,06} = 133,33.$$

Так як $m > 3$, то ефективне число електроприймачів знаходимо за формулою:

$$n_{\text{еф.}} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{н}}}{P_{\text{н.найб.}}}, \quad (3.4)$$

де $P_{\text{н.найб.}}$ - найбільше значення номінальної потужності одного ЕП, кВт;

$$n_{\text{еф.}} = \frac{2 \cdot 48,39}{8} = 12,1 \text{ кВт.}$$

$n_{\text{еф.}} < n$, отже за ефективне число електроприймачів приймаємо задану кількість ЕП, тобто $n_{\text{еф.}} = 12$.

Визначаємо значення коефіцієнту розрахункового навантаження в залежності від ефективного числа електроприймачів та значення коефіцієнту використання встановленої потужності згідно з [10]. Отже $\kappa_{\text{р}} = 1$.

Знаходимо розрахункове значення активної потужності за формулою:

$$P_p = \sum_{i=1}^n P_{np.} \cdot K_p, \quad (3.5)$$

Розрахункова активна потужність становить:

$$P_p = 26,56 \cdot 1 = 26,56 \text{ кВт.}$$

Для інших силових збірок розрахунок проводиться аналогічно.

3.3 Електричне освітлення, повірочний розрахунок

Розрахунок освітлення проведемо для обідньої зали, яка має розміри 6 х 9 м та має два ряди світильників. В кожному ряду знаходиться по 4 світильники, в кожному з яких по 2 люмінесцентні лампи потужністю 18 Вт.

В їдальні згідно [10] освітлення має бути на рівні 200 люкс.

Характеристики лампи:

- потужність лампи $P = 18 \text{ Вт}$;
- світловий потік $\Phi = 1200 \text{ лм}$;
- коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 0,55$;
- термін служби $T_p = 12000 \text{ год.}$

Так як в приміщенні знаходиться 8 світильників, то загальна кількість ламп становить 16. Розрахунок проводимо за точковим методом. Світловий потік світильника – $\Phi=2400 \text{ лм}$.

Проведемо розрахунок освітленості на робочій поверхні в розрахунковій точці А. Так як їдальня на стелі ділиться перегородкою на дві симетричні частини, розрахуємо одну з частин приміщення.

Схема розміщення світильників приведена на рисунку 3.1.

Питомий світловий потік з одного метру світлової лінії, лм/м:

$$F' = \frac{1000 \cdot E_{min} \cdot K_3 \cdot h}{\mu \cdot \sum_{i=1}^m \varepsilon_i}, \quad (3.6)$$

де $-K_3$ коефіцієнт запасу, приймається рівним 1,1...1,5; ε – відносна освітленість, обчислена для розрахункової висоти 1 м і густини потоку лампи в ряду світильників 1000 лм – визначається за кривими відносних ізолюкс; μ – коефіцієнт додаткової освітленості, що враховує дію віддалених світильників $\mu=1,1...1,2$.

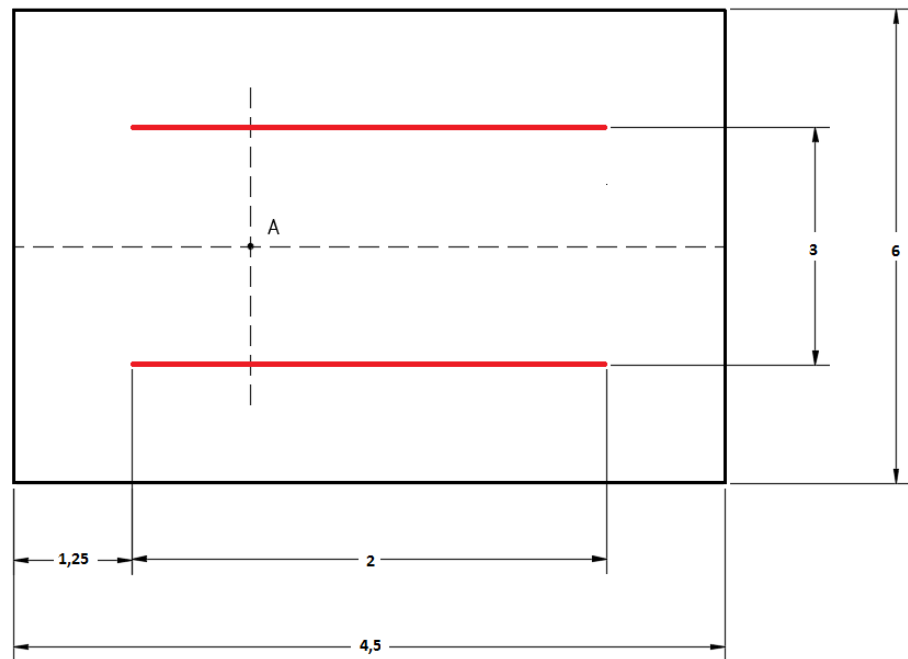


Рисунок 3.1 – Схема розміщення світильників

Висота світильників над робочою поверхнею:

$$h = H - h_p = 3,3 - 0,8 = 2,5 \text{ м},$$

де h_p – висота робочої поверхні

Для люмінесцентних джерел користуються кривими відносних ізолюкс (рис. 3.2), де по осям відкладаються відносна довжина світлової лінії та відносна відстань від проекції осі лінії до точки, що розглядається (p').

Розраховуємо значення відносних розмірів, м:

$$L'_1 = \frac{1,25}{2,5} = 0,5, \quad p'_1 = \frac{1,5}{2,5} = 0,6;$$

$$L'_2 = \frac{2 - 1,25}{2,5} = 0,3, \quad p'_2 = \frac{1,5}{2,5} = 0,6;$$

$$L'_3 = \frac{1,25}{2,5} = 0,5, \quad p'_3 = \frac{1,5}{2,5} = 0,6;$$

$$L'_4 = \frac{2 - 1,25}{2,5} = 0,3, \quad p'_4 = \frac{1,5}{2,5} = 0,6.$$

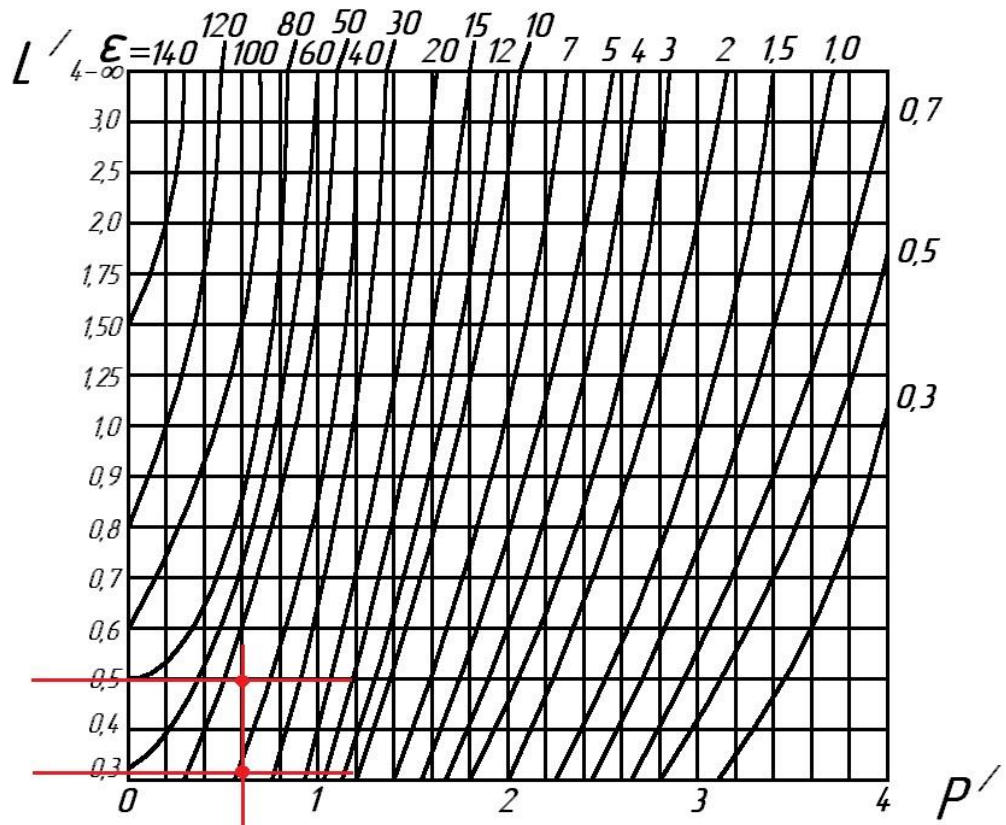


Рисунок 3.2 – Криві відносних ізолюкс світильників

Знаходимо значення ε (рис. 3.2) для люмінесцентних ламп, як функцію відносних розмірів p' та L' : $\varepsilon_1=45$, $\varepsilon_2=40$, $\varepsilon_3=45$, $\varepsilon_4=40$.

Визначаємо питомий світловий потік за (3.12):

$$F' = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1,1 \cdot 2,5}{1,1 \cdot (45 + 40 + 45 + 40)} = 2205,9 \text{ лм.}$$

Визначаємо необхідний світловий потік світильників у кожній лінії за формулою, лм:

$$\Phi = F' \cdot L, \quad (3.8)$$

де L – довжина світлової лінії, $L = 2$ м.

$$\Phi = 2205,9 \cdot 2 = 4411,8 \text{ лм.}$$

Так як кількість ламп у світильнику 2 шт та кількість світильників у одній світловій лінії 2 шт світловий потік однієї лампи повинен складати:

$$\Phi = \frac{4411,8}{2 \cdot 2} = 1102,9 \text{ лм.}$$

$$E = \frac{\Phi_{\text{св}} \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e}{k_3 \cdot 1000} = \frac{1200 \cdot 1,1 \cdot (40 + 45 + 40 + 45)}{1,3 \cdot 1000} = 173 \text{ Лк}$$

де E - розрахункова освітленість, лк;

$\Phi_{\text{св}}$ - світловий потік світильника, лм;

μ - коефіцієнт неврахування освітленості, $\mu=1.1-1.2$;

$\sum_{i=1}^n e$ - сумарна освітленість згідно кривих просторових ізолюкс

світильника. Визначається в залежності від висоти підвісу світильника і відстані від проекції світильника до точки, що розглядається;

n - кількість врахованих світильників;

k_3 - коефіцієнт запасу, $k_3=1.3$.

Фактична освітленість поверхні має знаходитись в межах 0,9 до 1,2 від нормативного значення. Фактична освітленість $135 < 173 < 180$.

Бачимо, що наявна система освітлення задовольняє нормативним вимогам.

3.4 Аналіз вибраного електрообладнання та мереж

Так як навантаження однофазне (освітлення), а для виконання умов симетричності навантаження по фазам ліцей живиться від трьохфазної лінії, максимальний струм в кожній фазі буде складати:

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_p}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (3.9)$$

де S_p - розрахункова повна потужність на вводі будівлі, яка була обчислена в пункті 3.3;

U_{ϕ} - фазна напруга;

$\cos \varphi = 0,89$

$$I_{\text{макс}} = \frac{56750}{3 \cdot 220 \cdot 0,89} = 96,61 \text{ А.}$$

Згідно схеми школа живиться кабелем АСБ 3×35+1×16. Перевіримо відповідність перерізу лінії максимальному токовому навантаженню і допустимим втратам напруги.

Умова допустимості вибраного перерізу:

$$I_{\text{макс}} \leq 1,3 \cdot I_{\text{доп}},$$

де $I_{\text{доп}}$ - допустимий згідно стандартів струм для жили даного перерізу, в даному випадку – 126 А.

$$96,61 \leq 1,3 \cdot 126$$

$$96,61 < 163,8$$

Умова виконується.

Допустимі втрати напруги складають -5%. Втрати в однофазній мережі, нуль-фаза:

$$\Delta U [\%] = \frac{I_{\text{макс}} \cdot 100 \cdot \rho \cdot L}{s \cdot U_{\phi}}, \quad (3.10)$$

де $I_{\text{макс}}$ - максимальний розрахунковий струм;

ρ - питомий електричний опір міді, $0,028 \frac{\text{Ом}}{\text{мм}^2 \cdot \text{м}}$;

S - площа поперечного перерізу лінії, 35 мм^2 ;

L - довжина лінії 40 м;

U_{ϕ} - фазна напруга, В.

$$\Delta U [\%] = \frac{96,61 \cdot 100 \cdot 0,028 \cdot 40}{35 \cdot 220} = 1,4\%$$

Умова виконується.

Втрати у кабелі розрахуємо за формулою 2.27:

$$\Delta W = 3 \cdot 96,61^2 \cdot 0,028 \cdot 5976 \cdot 10^{-3} = 4685,2 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

Оскільки довжини ліній, від яких живиться обладнання харчоблоку, відповідно становить 5м, то втрати в даній лінії буде дуже мала і нею можна знехтувати.

3.5 Графік добового споживання активної енергії

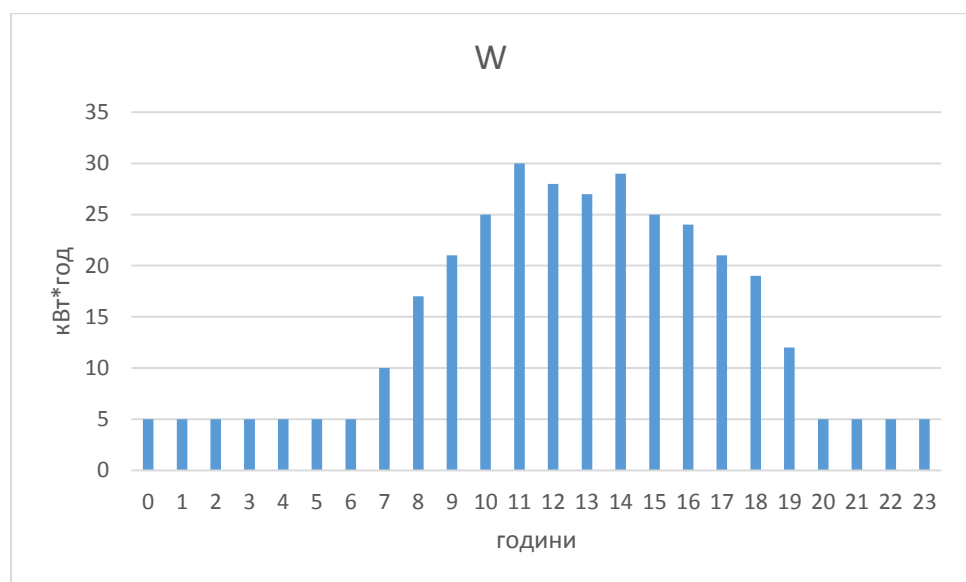


Рисунок 3.3 – Добовий графік споживання електричної енергії

Аналізуючи отриманий графік ми можемо зробити наступні висновки:

1. На графіку спостерігається характерний для робочого процесу ліцею режим електричного навантаження, а саме: найнижче споживання у нічні години та поступовий ріст навантаження починаючи з 7 години ранку та поступове зменшення споживання починаючи з 14 години й до 19 години.

2. Найбільше споживання електричної потужності було зафіксовано о 11 ранку, найменше – 5 кВт спостерігалось починаючи з 19:00 до 7 годин ранку.

Дані добові коливання можна пояснити: залежністю від рівня освітленості робочих приміщень (зранку та починаючи з другої половини доби природного освітлення не достатньо для забезпечення комфортних умов роботи персоналу та учнів, тому необхідно вмикати штучне освітлення); режимом роботи ліцею – основний навчальний процес триває з 7 до 19:00, що зумовлює додаткове споживання обладнанням та офісною технікою.

3.6 Баланс річного споживання активної енергії

Розрахунок втрат у трансформаторах

Електропостачання ліцею відбувається від одної трансформаторної підстанції. Паспортні дані трансформаторів приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри трансформатора

Назва	S_n , кВА	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{\kappa z}$, кВт	I_{xx} , %	$U_{\kappa z}$, %
ТП-1344 10/0,4	400	1,45	5,5	2,1	4,5

Річні втрати в трансформаторі визначаються за виразом:

$$\Delta W_m = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T + n \cdot k_z^2 \cdot \Delta P_{\kappa z} \cdot \tau \quad (3.11)$$

де n - кількість трансформаторів;

ΔP_{xx} - втрати холостого ходу, кВт ;

T - річний час роботи трансформатора, $8760 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$;

k_z - коефіцієнт завантаження трансформатора;

$\Delta P_{\kappa 3}$ - втрати короткого замикання, кВт .

τ - річний час максимальних втрат в трансформаторах, $\frac{\text{год}}{\text{рік}}$.

Річний час максимальних втрат в трансформаторах розраховується за виразом:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{max.p}}}{1000})^2 \cdot 8760 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

де $T_{\text{max.p}}$ - кількість годин роботи, приведена до максимальної потужності, $\frac{\text{год}}{\text{рік}}$.

Кількість годин роботи за добу, приведена до максимальної потужності, визначається за формулою:

$$T_{\text{max}} = \frac{\sum_i (P_i \cdot t_i)}{P_{\text{max}}} \quad (3.12)$$

$$T_{\text{max}} = \frac{(515 \cdot 1 + 514 \cdot 1 + \dots + 24 \cdot 7)}{515} = 21,45 \frac{\text{год}}{\text{добу}}$$

Тоді кількість годин роботи за рік визначається:

$$T_{\text{max.p}} = T_{\text{max}} \cdot 365$$

$$T_{\text{max.p}} = 21,45 \cdot 365 = 7832,29 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

Час максимальних втрат за рік згідно виразу рівний:

$$\tau = (0,124 + \frac{7832,29}{10000})^2 \cdot 8760 = 7210,04 \frac{\text{год}}{\text{рік}}$$

Коефіцієнт завантаження визначається за виразом:

$$k_3 = \frac{S_p}{S_H} \quad (3.13)$$

де S_p - розрахункове навантаження ЕП напругою 0,38 кВ, кВА ;

S_H - номінальна потужність трансформатора, кВА .

$$k_3 = \frac{56,75}{2 \cdot 400} = 0,07$$

Розрахуємо втрати в трансформаторах:

$$\Delta W_m = 0,07 \cdot 1,43 \cdot 8760 + 0,07^2 \cdot 5,5 \cdot 7210,04 = 1071,19 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

3.7 Баланс споживання активної енергії

Складемо баланс споживання активної енергії за лютий 2016 року. Результат представимо в таблиці 3.3

Найменування енергоспоживаючого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт.	Загальна встановлена потужність обладнання, кВт	Коефіцієнт використання встановленої потужності	Середня Потужність, обладнання, кВт	Тривалість роботи за місяць, год	Місячне електроспоживання, кВт.год
Освітлення							
Люмінесцентний світильник	0,072	122	8,784	0,8	7,0272	100	702,72
Люмінесцентний світильник	0,036	16	0,576	0,8	0,4608	180	82,944
Зовн. освітлення	1,2	4	4,8	0,8	3,84	150	576
Лампи розжарювання	0,06	25	1,5	0,7	1,05	80	84
Всього на освітлення							1389,8
Офісна техніка							
Комп'ютер	0,45	34	15,3	0,5	7,65	61	466,65
Принтер	0,5	7	3,5	0,7	2,45	18	44,1
Проектор	0,4	14	5,6	0,3	1,68	60	100,8
Всього на техніку							611,7
Харчоблок							
Електроплита	8	2	16	0,5	8	65	520
М'ясорубка	1,75	1	1,75	0,4	0,7	24	16,8
холодильник	4	4	16	0,6	9,6	154	1478,4
Морозилка	2	2	4	0,6	2,4	154	369,6
Овочерізка	1,1	1	1,1	0,4	0,44	24	10,56
Витяжка	6	1	6	0,6	3,6	64	230,4
Всього на обладнання							2621,03

Інше обладнання (побутові прилади)							
Мікрохвильовка	1,8	1	1,8	0,8	1,44	20	28,8
Чайник	1,5	3	4,5	0,7	3,15	10	31,5
Кулер	1,2	2	2,4	0,6	1,44	22	31,68
Електрообігрівач(П)	1,5	2	3	1	3	90	270
Всього на інше обладнання							361,8
Споживання школою							4810,5

Таблиця 3.3 – Баланс споживання активної енергії за лютий 2016 року

Значенням втрат в лініях можна знехтувати внаслідок їх малого значення. Згідно даних про використання енергоресурсів школою за лютий 2016 року було спожито 4809 $\text{кВт} \cdot \text{год}$ активної електроенергії. Отже, відхилення розрахованих в електробалансі значень від фактичних показів лічильника складе:

$$\Delta = \frac{4809 - 4810,5}{4809} \cdot 100 = -0,031\%$$

Кругова діаграма балансу споживання активної енергії по видам споживачів представлена на рисунку 3.4

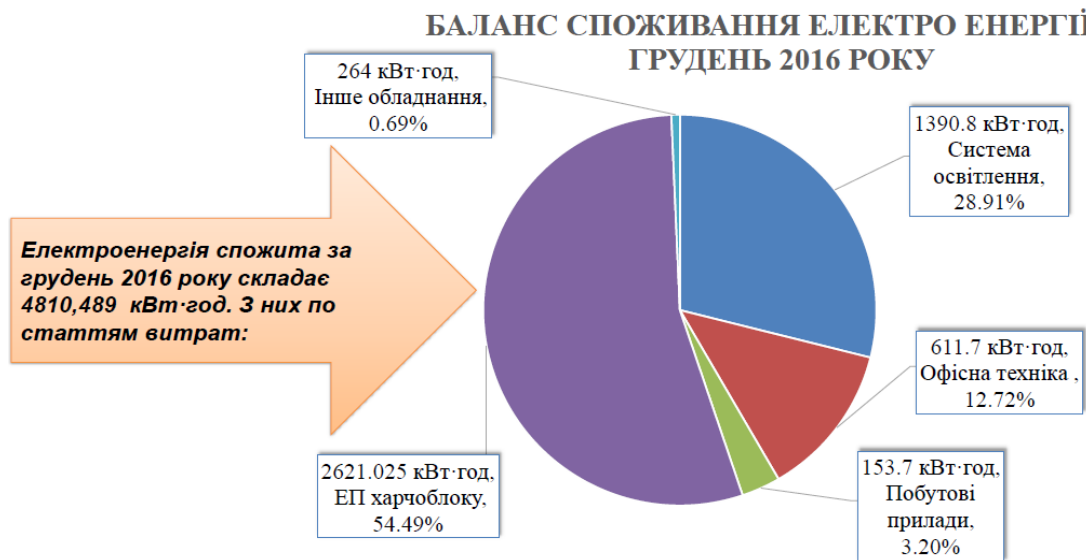


Рисунок 3.4 – Кругова діаграма річного споживання активної енергії по видам споживачів

Як видно з діаграми, найбільшими групами споживачів електроенергії є обладнання харчоблоку – майже 55% та система освітлення – 29% від загального споживання. Саме на ці дві групи споживачів першочергово має бути спрямовано заходи з енергозбереження. Або хоча б досягти енергоефективності що може допомогти в подальшому знизити споживання.

3.8 Облік споживання електричної енергії

Облік електричної енергії здійснюється за допомогою індукційний лічильника «СА4У – І672М» , що встановлений на межі експлуатаційної відповідальності між школою і електропередавальною організацією на вводі ВРП зі сторін освітлювального та електросилового устаткування.

Технічні характеристики СА4У-І672М приведені у табл.3.4

Таблиця 3.4 - технічні характеристики СА4У-І672М

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕННЯ
Клас точності	2,0
Номінальна напруга, В	380
Номінальний і максимальний струм, А:	5 (10)
Поріг чутливості% від І ном.	0,5
Діапазон робочих температур, ° С	Від -20 до +55
Потужність, споживана ланцюгом струму, В * А	1,0
Потужність, споживана ланцюгом напруги: - Активна, Вт - Повна, В * А	1,5 5,0
Габаритні розміри, мм>	282*173* 127
Маса, кг	3,0

Застосування лічильника:

Для вимірювання активної електричної енергії.

Тип лічильника: Механічний (індукційний).

Число фаз лічильника: Трифазний.

Число тарифів лічильника: Одно тарифні.

Максимальний струм лічильника: 10 А.

Клас точності лічильника: 2.

Номінальна сила струму 5 А.

3.9 Тариф на спожиту електричну енергію, аналіз

Ліцей розраховується за електричну енергію по одноставочному тарифу з оплатою згідно показів лічильника електричної енергії. При цьому тарифна ставка на 1 грудня 2018 року $b = 2,27 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$. Також для школи може бути

доступний двоставочний тариф, диференційований за часом доби (за умови заміни лічильника) , який передбачає зменшувальні коефіцієнти до оплати за електроенергію, спожиту не в години максимуму мережі (нічні години). Цей тариф не вигідний для ліцею, оскільки учбовий процес проходить в денні години, і немає можливості перенести споживання електричної енергії, прив'язане до нього, на нічні години.

Таким чином, існуючий тариф є найбільш прийнятним.

МЕЗ 3.1: Встановлення електронної пуско-регулюючої апаратури (ПРА) для люмінесцентних ламп

Поточний стан

В експлуатації знаходиться велика кількість люмінесцентних ламп з електромагнітними дроселями (122 шт.), які не забезпечують оптимальних режимів роботи ламп і мають низькі експлуатаційні характеристики.

Опис можливостей енергозбереження

Пропонуємо заміну електромагнітних ПРА на електронні: 4X18 ВТ ЕПРА для ламп типу ЛД-18.

Електронна ПРА суттєво покращує техніко-економічні показники світильників. Сучасні електронні баласти забезпечують:

- миттєве (без мигання і шуму) запалювання ламп;
- стабільність освітлення незалежно від коливань напруги;
- високу якість електроенергії, яка споживається – близький до одиниці коефіцієнт потужності завдяки споживанню синусоїдального струму з нульовим фазовим зсувом.

Досягається економія електроенергії в розмірі 20-25% при збільшенні освітленості на 10-12%, зменшуються витрати на обслуговування світильників із-за виключення з їх складу стартерів, конденсаторів, підвищується на 50% термін служби ламп завдяки ощадному режиму роботи і пуску.

Розрахунок річної економії витрат

Сумарна встановлена потужність ламп з електромагнітними ПРА:

$$P_1 = 18 \cdot 122 \cdot 4 = 8784 \text{ [Вт]} = 8,784 \text{ [кВт]}.$$

Економія від впровадження заходу складе 25%:

$$\Delta W = 0,25 \cdot P_1 \cdot t = 0,25 \cdot 8,784 \cdot 900 = 1976,4 \text{ [кВт} \cdot \text{год/рік]};$$

$$E = \Delta W \cdot b = 1976,4 \cdot 2,27 = 4486,5 \text{ [грн/рік]}.$$

Капітальні затрати

Вартість електронної ПРА становить 245 грн для світильників з чотирма лампами на світильнику. Витрати на заміну ПРА складають 2000 грн.

$$B = 122 \cdot 245 + 2000 = 31890 \text{ [грн]}.$$

Розрахуємо простий термін окупності

$$T = \frac{B}{E} = \frac{31890}{4486,5} = 7,1 \text{ років}.$$

МЕЗ 3.2: Встановлення датчиків присутності в коридорах.

У ліцеї пропонується встановити датчики присутності, у місцях загального користування, а саме у коридорах. Метою даного заходу є скорочення енергоспоживання під час уроків, за рахунок того що учні будуть на уроці. У коридорах знаходиться 16 ламп потужністю 36 Вт кожна.

Пропонуємо встановити 8 датчиків присутності HFD 360. Потужність споживання одним датчиком 1,7 Вт.

Знайдемо річне споживання електричної енергії датчиками присутності:

$$W = P \cdot n \cdot T$$

P – потужність пристрою, кВт

n – кількість пристроїв, шт.

T – час роботи, год

$$W_1 = 0,0017 \cdot 6 \cdot 6480 = 66,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Річне споживання електричної енергії люмінісцентними лампами за рік:

$$W = 0,036 \cdot 16 \cdot 1620 = 933,12 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Річне споживання електричної енергії люмінісцентними лампами після встановлення датчиків за виразом 2.57:

$$W_2 = 0,036 \cdot 16 \cdot 594 = 342,14 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо економію електричної енергії протягом року за виразом:

$$\Delta W = W - W_1 - W_2$$

$$\Delta W = 933,12 - 342,14 - 66,1 = 524,88 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Економія грошових коштів внаслідок запровадження заходу згідно виразу 2.48:

$$E = 524,88 \cdot 2,27 = 1191,5 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Вартість одного датчика 490 грн, тобто сумарні витрати становлять $I = 2939 \text{ грн}$. Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{2939}{1191,5} = 2,5 \text{ років}$$

МЕЗ 3.3: Підвищення ККД існуючих освітлювальних установок в результаті їх чистки

Поточний стан:

Всі світильники знаходяться в незадовільному стані. Остання чистка проводилась у 2015 році.

Опис заходу:

Забруднення світильників речовинами, що знаходяться в повітрі адміністративних приміщень: пилом, брудом – приводить до різкого зниження їх ККД і зміні форми кривої сили світла.

Постійна підтримка світильників у належній чистоті має величезне значення для раціонального використання електроенергії в освітлювальних установках.

Очищення ламп і світильників виробляється в терміни, обумовлені особою, відповідальним за електрогосподарство, у залежності від місцевих умов. У ПУЕ і відомчих інструкціях мають бути вказівки про періодичність чищення світильників, що рекомендується (табл.3.5).

Порушення норм періодичності чистки світильників наносить великий збиток із-за різкого зниження освітленості приміщень підприємств. Приходиться встановлювати лампи підвищеної потужності, підвищувати кількість світильників, витрачати залишкову кількість електроенергії.

Чистка ламп і світильників може привести до зниження споживання електроенергії на 15 %, тобто під час горіння світильника можна використовувати допоміжні світильники. Для приміщень із незначним пилом виділенням, до яких відноситься ліцей, чистку світильників необхідно проводити не менш, ніж 1 раз в 3 місяці або 4 рази на рік.

Таблиця 3.5 - періодичність чистки світильників, що рекомендується

№	Приміщення	Періодичність чистки світильників
1	В приміщеннях із значним виділенням пилу, диму і кіптяви: цехи ливарні тощо	2 рази в 1 місяць
2	В приміщеннях із середнім виділенням пилу, диму і кіптяви: цехи металообробки, механічні, прокатні, збірні тощо	1 раз в 2 місяці

3	В приміщеннях з незначним виділенням пилу: лабораторії, конструкторські, проектні зали; адміністративні будівлі	1 раз в 3 місяці
4	Установки зовнішнього освітлення	1 раз в 4 місяці

Запилення світильника може зменшити освітлення на 15 – 30 %.

Розрахуємо коефіцієнт ефективності впровадження цього заходу:

$$K_{\text{еф}} = 1 - E_{\text{н}} / E_{\text{н}}$$

$$K_{\text{еф}} = 1 - 115 / 150 = 0,235 \text{ або } 23,5 \, \%.$$

Тоді економія електроенергії при впровадженні цього заходу визначається за формулою:

$$E = K_{\text{еф}} \cdot W_3 \cdot T_{\text{ел.}}$$

$$W_3 = W_2 \cdot 0,233 = 0,235 \cdot 3126 = 734,6 \text{ кВт год./рік}$$

де $K_{\text{еф}}$ – коефіцієнт ефективності чистки світильників та ламп;

W_2 – величина фактичного споживання електроенергії за рік на освітлення, кВт·год/рік;

$T_{\text{ел.}}$ – тариф на електроенергію, грн./кВт·год.

$$E = 734,6 \cdot 2,27 = 1667,5 \text{ грн/ рік}$$

Витрати на чистку ламп та світильників дорівнюють:

$$B = N_{\text{ч}} \cdot C \cdot n,$$

де n – кількість ламп, $n = 122$ штук;

$N_{\text{ч}}$ – кількість чисток на рік, що дорівнює 4 рази;

C – вартість чистки за одну лампу, $C = 20$ грн.

$$B = 4 \cdot 20 \cdot 122 = 9760 \text{ грн/рік}$$

Знаючи витрати на чистку ламп, а також економію від впровадження цього заходу, можна визначити термін окупності:

$$T = \frac{B}{E} = \frac{9760}{1667,5} = 5,8 \text{ років}$$

МЕЗ 3.4: Відключення обігрівачів у випадку тривалої відсутності персоналу на робочих місцях

Поточний стан

В холодний період року в корпусі для обігріву деяких кабінетів використовуються електрообігрівачі, кількість яких складає 2 шт. Три місяці на рік йде активне використання обігрівачів. Приблизно 20% свого робочого часу 22 днів на місяць при 8-годинному робочому дні вчителі знаходиться за межами кабінету де стоїть обігрівач.

Опис заходу з енергозбереження

Пропонується відключати електрообігрівачі у випадку, коли вчителі, що користуються ними, на деякий час залишають кабінет.

Розрахунок річної економії енергії

При потужності обігрівачів 1,5 кВт кожний економія енергії складатиме:

$$E = 2 \cdot 1,5 \cdot (8 \cdot 0,2) \cdot 22 \cdot 3 = 316,8 \text{ кВт} \cdot \text{год на рік.}$$

Розрахунок річної економії витрат

Економія у грошовому еквіваленті при тарифі на електроенергію 2,27 грн. за 1кВт·год становитиме:

$$E_{\text{Г}} = 316,8 \cdot 2,27 = 719,2 \text{ грн.}$$

Витрати на введення в експлуатацію

Ця можливість енергозбереження не потребує витрат на введення в експлуатацію. Але можна передбачити преміальні виплати в зимовий період завхозу за контроль виконання цього заходу в розмірі приблизно половини зекономлених коштів.

Тоді термін окупності заходу складе:

$$T = \frac{250}{719,2} = 0,35.$$

Всього зимового періоду. Тобто півтора місяці.

Висновки до розділу

Аналіз графіків споживання електроенергії за попередні 3 роки говорить про відповідність споживання енергії режиму роботи ліцею: в зимовий період споживається більше теплової та електричної енергії, літній період відмічається значним спадом споживання електроенергії й відсутністю постачання теплової.

До того ж ми бачимо, що з певною періодичністю вартість електричної енергії зростає і на кінці 2016 року вона становила 187,74 коп / кВт * год, що практично в два рази вище, ніж в 2014 році. Що значно збільшило витрати на цей вид енергії. Зараз вартість електроенергії становить 227,1 коп / кВт * год.

Для загального скорочення витрат на енергоносії необхідно впроваджувати заходи, які дозволяють скоротити споживання електроенергії.

Результати заходів енергозбереження відображені в діаграмі:

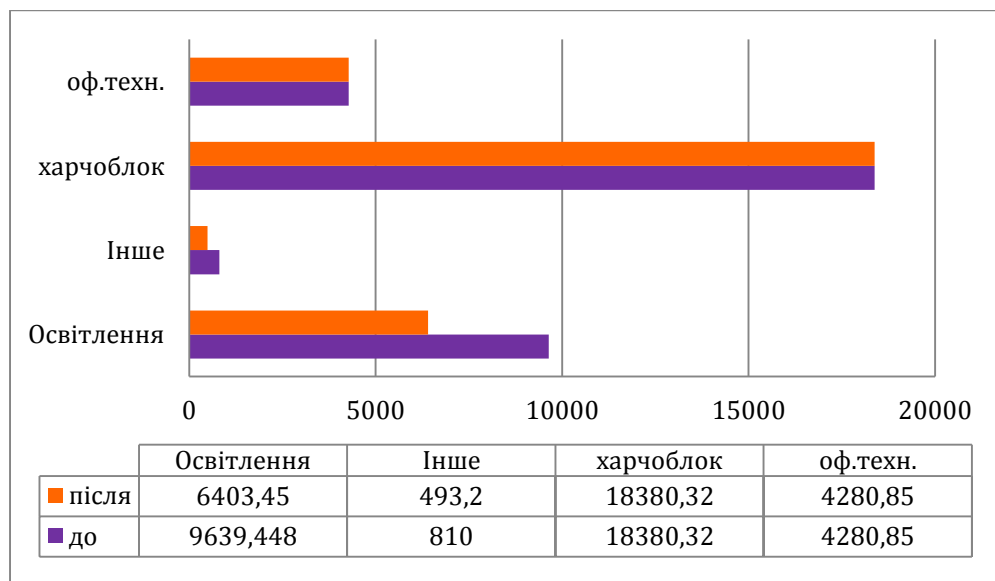


Рисунок 3.5 – Лінійна діаграма річного споживання активної енергії по видам споживачів

Найбільша економія відбулася в системі освітлення де споживання скоротилося на 3236 кВт-год, в грошовому еквіваленті це становить 7345,7 грн-рік. Загальне скорочення споживання електроенергії зменшилось на 33,6%. Що є безсумнівно хорошим показником для маленького ліцею

4 СПЕЦЧАСТИНА

4.1 Типи систем тепlopостачання

Раціональне використання ресурсів, розвиток поновлюваних джерел енергії та зменшення забруднюючих викидів в атмосферу – все до чого зараз прагне сучасне суспільство. Слова енергозбереження та енергоефективність часто згадуються спільно. Однак, все ж це різні речі. Ефективність означає отримання бажаного результату з використанням меншої кількості енергії. Заощадження означає споживання меншої кількості енергії або відмова від її використання. Ефективність часто призводить до заощадження енергії.

Зважаючи на теперішні ціни на газ суспільство замислилося над питанням: «Як споживати енергоносії ефективно? Як зробити так, щоб комфортні умови досягалися з меншими затратами?»

Існують різні варіанти виконання теплових пунктів для тепlopостачання будівлі: елеваторний вузол, ІТП за залежною схемою приєднання, ІТП за незалежною схемою приєднання, тепловий насос, сонячні панелі та ін. Кожен з цих варіантів має свої недоліки та переваги.

4.1.1 Елеваторний вузол

Елеваторний вузол - це пристрій призначений для підмішування охолодженої води, що повертається з системи опалення до високотемпературного теплоносія з теплової мережі, щоб знизити його параметри до рівня, прийнятного для використання у внутрішній системі опалення і забезпечення його циркуляції. Однак у даний час елеваторні вузли не тільки не відповідають сучасним вимогам [12] з енергоефективності, а й заборонені до використання діючими державними будівельними нормами, у зв'язку з чим підлягають заміні.

Багато є будівель, де власники вважають що у них встановлено індивідуальний тепловий пункт і згідно документації наче так і є. Але насправді то не так, гідроелеватор та відсутність циркуляційних насосів – не може називатися індивідуальним тепловим пунктом. Проблема елеваторного вузла в тому, що він абсолютно не призначений для регулювання температури теплоносія. Той, хто намагався обмежувати відбір з теплової мережі перекриваючи засувку перед елеватором, знає що як тільки ми хоч трохи

істотно притиснули витрату, одразу ж падає витрата води що циркулює в системі опалення і як наслідок зупиняються далекі стояки, а також посилюється нерівномірність прогріву між нижніми і верхніми поверхами.

Елеваторний вузол це просто перемичка. Він не знає яка температура на вулиці, з якою температурою приходить теплоносій з теплової мережі і з якою температурою він подав його в систему опалення. Єдине що він робить, це бере один куб води з подачі, підмішує до нього два куба води з зворотки і цю суміш подає в систему опалення.

На рисунку 4.1 зображено схему теплопостачання з використанням елеваторного вузла. Саме так наразі відбувається теплопостачання будівлі ліцею.

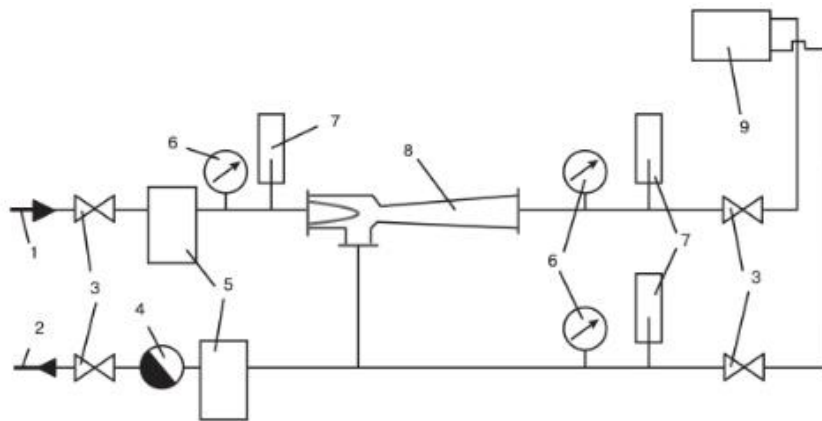


Рисунок 4.1 Схема теплового пункту з елеваторним вузлом:

1 – подаючий трубопровід; 2-зворотній трубопровід; 3 – засувки; 4 – водомір; 5 – грязьовики; 6 – манометри; 7 – термометри; 8 – елеватор; 9 – нагрівальні прилади системи опалення.

Подібні пристрої отримали широке застосування в багатьох типах будівель, підключених до централізованої теплової мережі. Однак в даний час вони не відповідають вимогам з енергозбереження, у зв'язку з чим підлягають заміні на сучасні індивідуальні теплові пункти. Їх вартість значно вище і для роботи обов'язково потрібно електроживлення.

4.1.2 ІТП за залежною і незалежною схемою приєднання

Одним із варіантів вирішення проблеми ефективного теплопостачання є ІТП – індивідуальний тепловий пункт з залежною чи незалежною схемою постачання з погодозалежним регулюванням (рисунок 4.2).

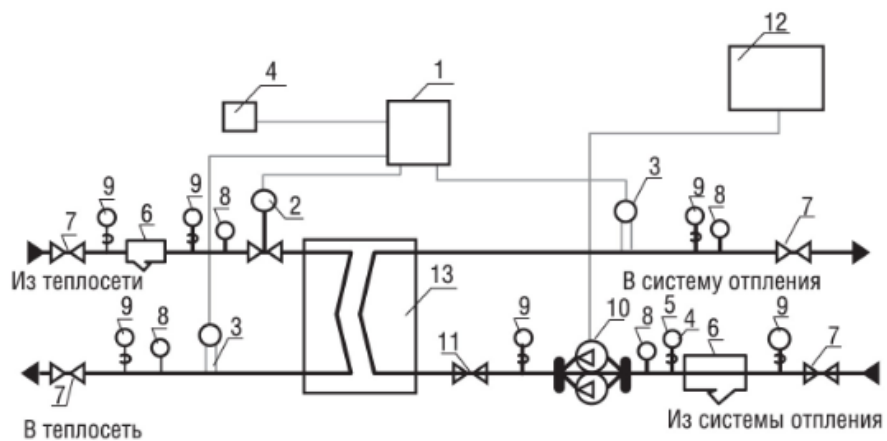


Рисунок 4.2. Принципова схема модульного теплового пункту, підключеного за незалежною схемою.

1 – контролер; 2 – двоходовий регулюючий клапан з електричним приводом; 3 – датчики температури теплоносія; 4 – датчик температури зовнішнього повітря; 5 – реле тиску для захисту насосів від сухого ходу; 6 – фільтри; 7 – засувки; 8 – термометри; 9 – манометри; 10 – циркуляційні насоси системи опалення; 11 – зворотний клапан; 12 – блок управління циркуляційними насосами; 13 – теплообмінник системи опалення

Перевагою даної схеми є те, що опалювальний контур незалежний від гідравлічних режимів централізованої теплової мережі. Також система опалення не страждає від невідповідності якості теплоносія на вході, що

надходить з центральної теплової мережі (наявності продуктів корозії, бруду, піску і т.д.), а також перепадів тиску в ній. У той же час вартість капітальних вкладень при застосуванні незалежної схеми більше – через необхідність установки і подальше обслуговування теплообмінника.

Як правило, в сучасних системах застосовуються розбірні пластинчасті теплообмінники (рис. 4.3), які досить прості в обслуговуванні і ремонтпридатні: при втраті герметичності або виході з ладу однієї секції, теплообмінник можливо розібрати, а секцію замінити. Також, при необхідності, можна підвищити потужність шляхом збільшення кількості пластин теплообмінника.



Рисунок 4.3 – Теплообмінники для незалежних систем підключення ІТП

В ІТП з залежним приєднанням системи опалення до зовнішніх теплових мереж циркуляція теплоносія в системі опалення підтримується циркуляційним насосом. Управління насосом здійснюється в автоматичному режимі від контролера або від відповідного блоку управління. Автоматичне підтримання необхідного температурного графіка в системі опалення також здійснюється електронним регулятором. Контролер впливає на регулюючий

клапан, розташований на трубопроводі, що подає на стороні зовнішньої теплової мережі («гострої воді»). Між подавальним і зворотним трубопроводами встановлено змішувальну перемичку зі зворотним клапаном, за рахунок якої здійснюється підмішування в подаючий трубопровід з зворотної лінії теплоносія, з більш низькими температурними параметрами (рис.4.4).

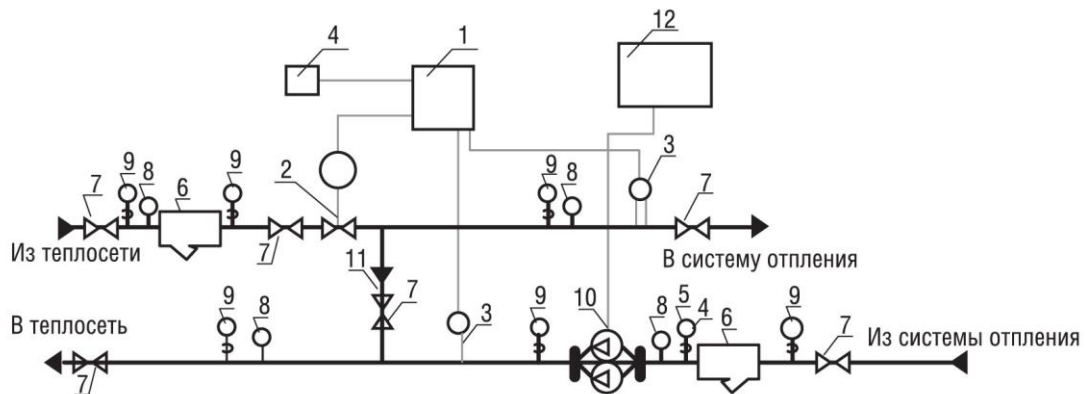


Рисунок 4.4 – Принципова схема модульного теплового пункту, підключеного за залежною схемою:

1 – контролер; 2 – двоходовий регулюючий клапан з електричним приводом; 3 – датчики температури теплоносія; 4 – датчик температури зовнішнього повітря; 5 – реле тиску для захисту насосів від сухого ходу; 6 – фільтри; 7 – засувки; 8 – термометри; 9 – манометри; 10 – циркуляційні насоси системи опалення; 11 – зворотний клапан; 12 – блок управління циркуляційними насосами

В даній схемі робота системи опалення залежить від тиску в центральній тепловій мережі. Тому в багатьох випадках потрібна установка регуляторів перепаду тиску, а, в разі необхідності, і регуляторів тиску «після себе» або «до себе» на що подавальному або на зворотному трубопроводах.

4.1.3 Альтернативні джерела

Одним з варіантів модернізації теплового пункту є підключення систем що працюють з альтернативними джерелами енергії.

Сонячні колектори.

Сонячні колектори для нагріву води (рис.4.5) це хороший спосіб скоротити витрату газу і отримувати додаткове тепло за рахунок сонця.

Однак важливо розуміти, що опалювати будівлю колекторами практично неможливо і використовуються вони в основному для підтримки опалення та ГВП. Взимку їх ефективність буде мінімальною, оскільки сонця у цей період дуже мало. Тому найбільш доцільно їх використовувати в міжсезоння і влітку, коли їх ефективність досить висока. А так як ліцей розташовано на півночі України, де надходження сонячної енергії менші за південні регіони, то даний варіант можна розглядати лише як додаткове джерело енергії.



Рисунок 4.5 – Сонячні колектори

Теплові насоси.

Теплові насоси можуть використовуватися в якості єдиного джерела тепла – ґрунтові, так і як доповнення до газового котла – повітряні.

- Ґрунтові теплові насоси є повноцінною заміною газового котла і мають високу продуктивність в будь-який час доби і за будь-яких вуличних температурах. При цьому у них є кілька недоліків: висока початкова вартість і довгий період окупності (може бути більше 10 років) з [13], потрібні дорогі земляні роботи і ділянка землі для монтажу.

Для побудови найбільш ефективних з мінімальними експлуатаційними витратами систем для опалення та кондиціювання є теплові насоси нового покоління.

Геотермальні теплові насоси (типу земля-вода, вода-вода) працюють за принципом передачі енергії від менш нагрітого тіла до більш нагрітого, що дозволяє їм не лише обігрівати приміщення, а й охолоджувати його у спекотну погоду, чи підтримувати системи охолодження льодових катків та промислових морозильних установок.

Геотермальне опалення - ключові вигоди від застосування :

- економічний ефект - скорочення витрат на виробництво тепла;
- високий експлуатаційний ресурс;
- низькі витрати на обслуговування;
- екологічна безпека, що виключає необхідність сплати екологічних зборів;
- можливість використання діючої системи розподілу тепла;
- дистанційний доступ до системи управління.

•Повітряні теплові насоси дешевше і простіше встановлюються, але використовуються в основному в якості доповнення до газового котла, так як при мінусових температурах їх продуктивність падає. А це збільшує витрату електроенергії і витрати на опалення, що робить використання повітряного насоса економічно не вигідним.

Принцип роботи повітряного теплового насоса (повітря — вода) полягає в перенесенні і перетворення тепла з навколишнього повітря, в систему опалення, за рахунок електроенергії, яка забезпечує роботу компресора. Звідси випливає основна відмінність повітряного теплового насоса, від геотермального — залежність коефіцієнта перетворення (COP) від зовнішньої температури. Так **повітряний тепловий насос**, витрачаючи 1 кВт електричної енергії, переносить в систему опалення від 2 до 6 кВт теплової енергії (COP = 2-6). Такі високі показники енергоефективності, в поєднанні з більш демократичною вартістю, роблять вибір повітряного теплового насоса відмінним варіантом при створенні нової системи опалення, так і при модернізації старої.

4.2. Розрахунок і підбір обладнання.

4.2.1 Модернізація за рахунок встановлення ІТП

За допомогою цього варіанту модернізації може бути досягнута економія до 40% від базового рівня споживання енергії будівлею. Досягається це за рахунок уникнення перетопів у межсезонні періоди а також за допомогою споживання лише потрібної кількості теплоносія враховуючи всі тепло надходження та тепловтрати будівлі. Датчик температури зовнішньої температури кріпиться на північному фасаді будівлі, фіксує найхолоднішу температуру повітря та передає сигнал на контролер. Контролер в свою чергу порівнює сигнал з цього датчика та з датчику температури подавального контуру. Виконується корегування роботи системи: зменшується кількість гарячого теплоносія подавального до споживача. У навчальних класах буде забезпечено комфортну температуру для навчання дітей. До речі кількість теплоносія, що витрачається на опалення, значно зменшиться в порівнянні з немодернізованим тепловим пунктом.

Загальна площа ліцею 1252,4 м²

Діючий тариф 1 302,00 грн/Гкал

Питома економія енергії від 20 до 40% загального споживання. В рік школа споживає приблизно 260 Гкал.

Мінімальна економія від впровадження заходу:

$$\Delta W = 0,2 \cdot P_1 = 0,2 \cdot 261 = 52,2 \text{ [Гкал/рік];}$$

$$E = \Delta W \cdot b = 52,2 \cdot 1302 = 67965 \text{ [грн/рік].}$$

Максимальна економія від впровадження заходу:

$$\Delta W = 0,4 \cdot P_1 = 0,2 \cdot 261 = 104,4 \text{ [Гкал/рік];}$$

$$E = \Delta W \cdot b = 104,4 \cdot 1302 = 135928,8 \text{ [грн/рік].}$$

Вартість індивідуального теплового пункту 170 000 грн.

Простий термін окупності заходу:

$$T = \frac{C}{E} = \frac{170000}{67965} = 2,5 \text{ років}$$

Або з максимальною економією що може бути досягнута:

$$T = \frac{C}{E} = \frac{170000}{135928} = 1,3 \text{ роки}$$

В даному випадку чим більша вартість енергоносіїв тим більша економія коштів буде досягнута.

4.2.1 Модернізація за рахунок встановлення ТН

Розглянемо варіант встановлення теплового насосу в політехнічний ліцей КПІ на прикладі Оболонської школи. Версія щомісячного спеціалізованого журналу [14].

Розрахункова тепла потужність існуючої системи опалення 130 кВт буде забезпечена, якщо в неї буде подаватися теплоносій з розрахунковими температурами 95-70°C. При роботі теплового насоса максимальні температури теплоносія не перевищать 55-45 °C. Теплова потужність $Q_{тн}$, кВт, системи опалення, що працює від теплового насоса, може бути розрахована за формулою:

$$Q_{mн} = Q_p \left(\frac{t_1 + t_2}{T_1 + T_2} \right)^n$$

де Q_p — теплова потужність існуючої системи опалення, працююча від тепломережі, кВт;

$Q_p = 130 \text{ кВт}$.

t_1 и t_2 — температури теплоносія при роботі від теплового насоса, °C.

$t_1 = 55^\circ\text{C}; t_2 = 45^\circ\text{C}$;

T_1 и T_2 — температури теплоносія при роботі від тепlopункту, °C.

$T_1 = 95; T_2 = 70$;

n — експонента опалювальних приладів; $n = 1,3$.

$$Q_{тн} = 130 \left(\frac{55 + 45}{95 + 70} \right)^{1.3} = 68.4 \text{ кВт}$$

Протягом короткого часу роботи теплового насоса в розрахунковому режимі його коефіцієнт перетворення буде перебувати в діапазоні значень 2,6 ... 2,5, однак протягом більшої частини опалювального періоду (середній режим) він буде збільшуватися до 3,6.

У режимі найбільшого навантаження досить роботи двох теплових насосів загальною тепловою потужністю 248 кВт. Тепловий насос повинен працювати протягом більшої частини опалювального періоду. Для системи гарячого водопостачання вибирається окремий тепловий насос. Таке рішення обґрунтоване двома факторами:

1. Протягом більшої частини опалювального періоду опалювальні теплові насоси працюватимуть при температурах конденсації, які недостатні для системи гарячого водопостачання.

2. Немає сенсу включати досить потужні опалювальні теплові насоси в травні-вересні, коли опалення не працює.

Для гарячого водопостачання школи вибирається тепловий насос, холодильна, тепла і електрична потужності якого в режимі підігріву води в конденсаторі до температури 55 ° С складають, відповідно, 14, 22,7 і 8,7 кВт. Працюватиме один тепловий насос разом з акумуляційної ємністю, що забезпечить потреби гарячого водопостачання школи з запасом 150%.

Невід'ємною частиною системи теплопостачання школи залишиться тепловий пункт. Через нього тепла енергія буде подаватися:

- при сильних морозах, коли температура теплоносія +55 ° С в системі опалення буде недостатньою для нормального опалення будівлі. Цього режиму можна буде уникнути після належного утеплення зовнішніх стін і даху школи;
- в разі виходу з ладу теплових насосів.

Таким чином, системи опалення та гарячого водопостачання школи повинні працювати від двох теплових джерел, а саме, від теплових насосів і від теплової мережі. Це викликає потребу переобладнати тепловий пункт із

забезпеченням незалежного від теплової мережі приєднання системи опалення, а також відповідної реконструкції системи приготування води для гарячого водопостачання.

А чи достатньо теплового насосу, щоб забезпечити будівлю необхідною кількістю теплоти?

Для цього треба розуміти, що система опалення розраховувалась ще пр проектуванні будинку, у 1960-х роках. Зараз вже змінились вимоги до певних коефіцієнтів і норм. З роками і опір теплопередачі огорожувальних конструкцій змінився. Необхідно розуміти, чи достатньо буде температурного графіку 55-45 для задоволення потреб в опаленні будівлі, вже після модернізації, адже явно що обсяг споживання зменшиться.

Для цього підставимо у формулу значення теплової потужності системи опалення розрахункову, яка закладалась під час проектування.

$$Q_{mн} = Q_p \left(\frac{\frac{t_1 + t_2}{2} - 20}{\frac{T_1 + T_2}{2} - 20} \right)^n$$

$$Q_o = 240 \left(\frac{\frac{55 + 45}{2} - 20}{\frac{95 + 70}{2} - 20} \right)^{1.3} = 92,4 \text{ кВт}$$

Порівнюємо це значення зі значенням теплової потужності що необхідна будівлі після термомодернізації.

$$Q_{mн} = 130 \text{ кВт}$$

$$Q_o = 94 \text{ кВт}$$

$$Q_{mн} < Q_o$$

Як ми бачимо потужності системи опалення при температурному графіку 55-45 буде недостатньо, щоб повністю покрити потребу в опаленні будівлі. Тому тепловий насос має використовуватись з традиційними джерелами опалення.

Якщо ж розрахувати більш потужний насос з температурним графіком 65-55.

$$Q_o = 240 \left(\frac{\frac{65 + 55}{2} - 20}{\frac{95 + 70}{2} - 20} \right)^{1.3} = 135 \text{ кВт}$$

$$Q_{m.m} = 130 \text{ кВт}$$

$$Q_o = 135 \text{ кВт}$$

$$Q_{m.m} > Q_o$$

Тоді тепловий насос може повністю перекрити потребу в опаленні школи. Це саме наш варіант.

Джерелом тепла для теплових насосів є вертикальні ґрунтові теплообмінники, які повинні проектуватися в залежності від властивостей ґрунту на об'єкті. У зв'язку з відсутністю даних геологічних вишукувань на глибині до 100 м, загальна довжина свердловин, в які будуть встановлені спарені теплообмінники, приймається з припущення, що питома теплова потік від ґрунту до теплообмінника, що працює в системі опалення, $q_0 = 50 \text{ Вт / м}$, що відповідає середнім показникам діючих систем. Для системи гарячого водопостачання питомий тепловий потік від ґрунту приймається $q_{ГВП} = 40 \text{ Вт/м}$ в зв'язку з практично безперервним протягом року охолодженням ґрунту.

Загальна довжина L_0 , м, свердловин, які будуть працювати на систему опалення, розраховується за формулою:

$$L_0 = \frac{n Q_X}{q_0}$$

де n - кількість одночасно працюючих теплових насосів в режимі найбільшого навантаження; $n = 2$;

Q_X - холодильна потужність, Вт, одного теплового насоса в режимі найбільшого навантаження, що дорівнює 77 200 Вт;

$$L_0 = \frac{2 \cdot 77200}{50} = 3088 \text{ м}$$

Загальна довжина L_{гвп}, м, свердловин, які будуть працювати на систему гарячого водопостачання, розраховується за формулою:

$$L_{\text{гвп}} = \frac{m Q_X}{q_{\text{гвп}}}$$

де m - кількість одночасно працюючих теплових насосів; m = 1;

Q_X - холодильна потужність, Вт, одного теплового насоса, яка дорівнює 14000 Вт;

q_{ГВС} - питомий тепловий потік від ґрунту, який прийнятий 40 Вт / м.

$$L_{\text{гвп}} = \frac{1 \cdot 14000}{40} = 350 \text{ м}$$

Таким чином, буде потрібно 30 свердловин глибиною 100 м кожна для потреб опалення і 3 свердловини тієї ж глибини для потреб гарячого водопостачання. Крок свердловин 6 м.

Компанія AiK Group пропонує широкий модельний ряд теплових насосів. В ліцеї пропонується встановлення теплового насосу AiK MIDI 28. Теплові насоси AIK MIDI 28 призначені для опалювання, гарячого водопостачання, а також охолодження об'єктів загальною площею від 300 м² до 1500 м². Теплові насоси AIK MIDI (рисунок 4.3) обладнані компресорами Panasonic EVI з уприскуванням пари. Система уприскування пари дозволяє підвищити продуктивність системи на 5-7%, захищає компресор від перегрівання. Також теплові насоси цієї моделі обладнані теплообмінником "гарячого газу" який дозволяє отримати близько 15% енергії з високою температурою до 70°C, без зниження COP. Контроллер ТН дозволяють управляти не лише тепловим насосом, але і додатково ще 2-3 джерелами тепла. Погодозалежне управління, он-лайн контроль в кожному тепловому насосі.



Рисунок 4.6 – тепловий насос AiK MIDI 28

На рисунку 4.7 зображено очікувану економію від встановлення теплового насосу. Виробник [15] закладає 74% економію від базового річного споживання будівлею.

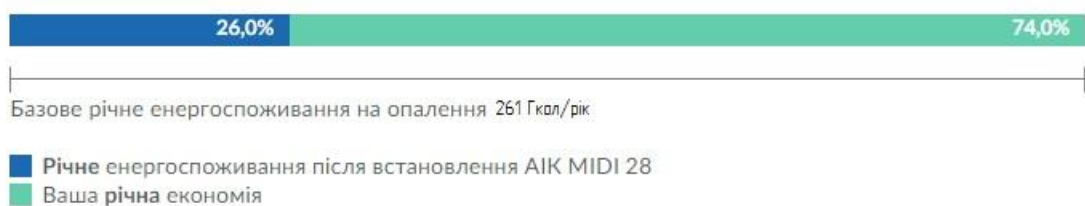


Рисунок 4.7 – Річна економія

$$\Delta W = 0,74 \cdot P_1 = 0,74 \cdot 261 = 193 \text{ [Гкал/рік]};$$

Вартість 1 Гкал тепла наразі 1302 грн для бюджетних закладів. Тож економія у грошовому еквіваленті складе:

$$E = \Delta W \cdot b = 193 \cdot 1302 = 251286 \text{ [грн/рік]}.$$

Щоб обрахувати термін окупності заходу, необхідно врахувати всі витрати на влаштування ТН.

Вартість буріння 1 м свердловини – 200грн.

Таких свердловин потрібно 33.

Тож вартість робіт складе:

$$Z = n \cdot P = 33 \cdot 20000 = 660000 \text{ [грн]}.$$

Де n – кількість свердловин;

P – вартість буріння однієї свердловини.

Простий термін окупності заходу:

$$T = \frac{Ц}{E} = \frac{320000 + 660000}{251286} = 4 \text{ роки}$$

Тож можна побачити що встановлення теплового насосу для потреб опалення школи – є досить доцільним заходом, що може цілком перекривати потреби в опаленні та гарячому водопостачанні. Незважаючи на високу вартість, має короткий термін окупності, що є досить привабливим для інвесторів. Також наразі в Україні виділяється фінансування на встановлення та впровадження енергоефективних технологій, що зможе допомогти ліцею швидше залучити кошти. Індивідуальний тепловий пункт належить до основних заходів з енергозбереження.

В ліцеї рекомендується встановлення теплового насосу як додаткового джерела теплової енергії. Підключення його до основної системи опалення.

5 СТАРТАП: ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ В СХЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЛІЦЕЮ

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Пропонується встановлення теплових насосів в закладах освіти з акумулюючими ємностями.	1.Школи	Очікується економія грошових коштів за часткове скорочення використання ПЕР(паливно-енергетичних ресурсів).
	2.Ліцеї	
	3.Комунальна сфера	

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерист ики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтра льна сторона)	S (сильна сторона)
		<i>AiK</i>	<i>Nibe</i>	<i>Viessma nn</i>				
1.	капіталовкл адення	96000 0 грн	12000 00 грн	80000 0 грн			*	
2.	Термін окупності	3- 5років	6-10 років	3-6 років				*
3.								
4.	Економія в місяць	1350 кВт	600 кВт	1000				*

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

2) Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
	Ідея полягає у встановленні в школи та навчальні заклади теплових насосів, щоб компенсувати кількість спожитий енергоресурсів. Економити і заробляти гроші.	Технологія установа теплого насоса потребує монтажно-викопних робіт. Буріння скважин глибиною 30-60 метрів.	Технології наявні, потрібно скористатись послугами фірм, які займаються бурінням скважин.	На умовах аутсорсінгу, тобто це не основний напрям роботи. Дану послугу можна замовляти у зовнішніх фірм.
Обрано технологію буріння скважин для колекторів, глибиною 100м				

Технологічно проект можна реалізувати, шляхом залучення спеціалістів з монтажу та з буріння скважин.

3) Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2 школи міста киева працюють з ТН, 620 шкіл без ТН
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	400000 грн/ум.одиниць
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Цей стартап актуальний для платників за послуги навчальних закладів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	

Таблиця 5.5.Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Дана послуга задовольняє потребу додаткового заробітку коштів. Який потребує лише попередніх капіталовкладень, а далі приносить прибуток.	Цільова аудиторія – це ті хто сплачують гроші за користування енергоносіями в школах, навчальних закладах. Ті хто за екологію і енергозбереження.	Головним фактором що впливає на вибір того чи іншого продукту є вартість товару. І коефіцієнт перетворення у данному апараті.	- до продукції - до компанії-постачальника

Таблиця 5.6.Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Краща пропозиція по економії від інших компаній	У випадку якщо інша компанія запропонує кращі варіанти економії паливно-енергетичних ресурсів, виникає загроза відказу від даної послуги	Розрахунки будуть покращуватись, шукатись альтернативні варіанти зменшення вартості і підвищення економії.

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Розростання на ринку	Може популяризуватись дана технологія, кількість навчальних закладів що хочуть і можуть впровадити захід – буде зростати.	Необхідно буде збільшити коло партнерів.

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	олігополія	Компанія має зробити найкращу пропозицію на ринку, відповідно найкраще співвідношення ціни, якості надаваних послуг і показників ефективності
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	локальний	Локальний рівень конкурентної боротьби, на національний рівень не виходить
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	внутрішньогалузева	Конкурує лише дана галузь
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Товарно родова	Є такі пропозиції що виконують схожі функції

5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	нецінова	Оцінюється не лише ціна, а ще й кількість зекономленої енергії, в результаті впровадження даних заходів
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Не марочна	Конкуренція за інтенсивністю не марочна

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Прямі конкуренти – фірми що продають теплові насоси. Працюють на обладнанні яке виконує таку ж функцію але з різними показниками .	Потенційним и конкурентам и можуть стати фірми по встановленню сонячних колекторів	Постачальники не диктують умови роботи ринку, постачальники зможуть стати будь яка компанія	Споживачі не диктують умови роботи на ринку, споживачі використовують паливно енергетичні ресурси завжди, і не зможуть відмовитися від них	Товаром замінником може стати використання сонячної енергії, як варіант економії ПЕР.
Висновки:	Конкурентність висока, через популяризацію використання енергоефективних джерел енергії.	Потенційні конкуренти – виробники сонячних панелей.	Постачальники не диктують умови роботи на ринку	Клієнти диктують умови роботи на ринку	Товаром замінником можуть бути сонячні панелі.

6 ВПЛИВ ЗАХОДІВ НА СТАН ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Найбільш ефективним засобом зниження шкідливих викидів в атмосферу є зменшення використання палива та електроенергії, тому впровадження запропонованих рекомендацій по енергозбереженню є також актуальним з екологічної точки зору. У розділі 3 наведені розрахунки, що обґрунтовують можливість економії теплоенергії та електроенергії.

Економія теплоенергії від впровадження запропонованих заходів:

$$\text{МЕЗ №1} - Q = 43,5 \text{ [Гкал / рік]};$$

$$\text{МЕЗ №2} - Q = 41 \text{ [Гкал / рік]};$$

$$\text{МЕЗ №3} - Q = 3 \text{ [Гкал / рік]};$$

$$\Sigma \Delta Q = 87,5 \text{ [Гкал / рік]}.$$

Вважаємо, що теплова енергія виробляється при спалюванні природного газу. Тоді економія природного газу від впровадження запропонованих заходів:

$$E_{\Gamma} = 87,5 \cdot 130 = 11375 \text{ [м}^3\text{]}.$$

При спалюванні природного газу в атмосферу викидається окис вуглецю CO та окисли азоту NO_x.

Питомі викиди речовин складають:

$$1) \text{ окису вуглецю- } 0,116 \text{ [кг/тис.м}^3\text{]};$$

$$2) \text{ окислу азоту- } 0,234 \text{ [кг/тис. м}^3\text{]}.$$

Економія електроенергії від впровадження запропонованих заходів:

$$\text{МЕЗ №4: } E_4 = 1976,4 \text{ [кВт \cdot год / рік]};$$

$$\text{МЕЗ №5} - E_5 = 841,68 \text{ [кВт \cdot год / рік]};$$

$$MEЗ \text{ №6} - E_6 = 734,6 [kBm \cdot год / рік];$$

$$\Sigma E_E = 3552,7 [kBm \cdot год / рік].$$

За даними Міненерго України середні викиди при виробництві 1 тис. кВт·год електроенергії становили:

- 1) Викиди твердих частинок- 4,4 кг
- 2) Окису вуглецю- 0,5 кг
- 3) Окислів азоту- 2,2 кг
- 4) Окислів сірки- 9,9 кг.

Таблиця 7.1 Значення загального зменшення викидів за рік.

Види викидів	Загальне зменшення викидів за рік
Тверді частинки, кг	15,62
Окис вуглецю, кг	1,775
Окисли азоту, кг	7,81
Окисли сірки, кг	35,145
Всього, кг	60,35

Таким чином, впровадження запропонованих заходів скоротить викиди шкідливих речовин в атмосферу на 60,35 кг, що позитивно вплине на екологічне становище у місті.

7 АНАЛІЗ СТАНУ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Поточний стан

На даний момент в ліцеї не має системи енергоменеджменту. Тобто немає підрозділу, який би відстежував рівень енергозбереження в садочку та покращував ефективність енерговикористання.

Опис можливостей з енергозбереження

Основним інструментом скорочення споживання енергії та підвищення ефективності використання енергії в адміністративних установах є енергетичний менеджмент.

Енергетичний менеджмент являє собою систему, основною метою якої є систематичне підтримання ефективності енерговикористання будь-якого об'єкту на заданому рівні і періодичне зростання цієї ефективності.

Для того, щоб досягти цієї мети в системі енергоменеджменту повинні вирішуватись наступні задачі:

- оцінка фактичного стану справ в області енергозбереження;
- визначення можливих шляхів для зростання енергоефективності;
- формування перспективних планів енергозбереження;
- управління реалізацією проектів з енергозбереження;
- систематичний контроль (моніторинг) досягнутого рівня енергоефективності.

Енергетичний аудит можна умовно розділити на три групи:

□ простий енергоаудит – передбачає мінімальні витрати і дозволяє визначити загальні можливості енергозбереження. У його ході відбувається візуальне обстеження об'єкту для визначення потенціалу енергозбереження, збір первинної інформації для проведення більш детального аналізу;

- попередній енергоаудит – у його ході необхідне використання вимірювальних засобів, обладнання для тестування з метою дати якісну оцінку втрат енергії і визначити економічний ефект від впровадження відповідних заходів;

- комплексний енергоаудит – проводиться оцінка того, скільки енергії втрачається в кожному процесі (освітлення, теплопостачання, технологія). У цьому випадку є необхідним проведення аналізу математичної моделі енергетичних потоків і технологій для виявлення тенденцій енергоспоживання при розробці прогнозів, що враховують зміни в технологіях, погодних умовах і впровадження міроприємств з енергозбереження.

Для впровадження енергетичного менеджмента на об'єкті призначається посада енергетичного менеджера. Обов'язки енергетичного менеджера:

- 1) збір даних по споживанню ПЕР з використанням лічильників та контрольно-вимірювальної апаратури;
- 2) складання паливно-енергетичного балансу;
- 3) складання плану встановлення додаткових лічильників та КВА;
- 4) проведення аналізу споживання енергії з урахуванням оцінки заходів для економії енергоспоживання;
- 5) визначення ефективності роботи споживачів енергії;
- 6) проведення внутрішнього енергетичного аудиту;
- 7) надавання консультації з питань нового обладнання і тарифної політики;
- 8) створення системи обліку енергоспоживання, при необхідності автоматизувати її;
- 9) вміння детально аналізувати потоки енергії;
- 10) проведення розрахунків капіталовкладень і експлуатаційних витрат.

За даними 2016 року ліцей споживає 31260 кВт·год електроенергії та 210 Гкал теплоти на опалення. Світовий досвід та практика підтверджують, що при впровадженні енергетичного менеджменту гарантується зниження споживання енергоносіїв на 5%. Економія енергоносіїв становитиме:

- електроенергія: $W_{EE} = 31260 \cdot 0,05 = 1563 \text{ [кВт} \cdot \text{год]};$

- теплоенергія: $W_{TE} = 210 \cdot 0,05 = 10,5 \text{ [Гкал]}.$

Розрахунок річної економії витрат

При ціні 2,27 грн. за 1кВт·год електроенергії економія становитиме:

$$E_{EE} = 1563 \cdot 2.27 = 3548 \text{ [грн]}.$$

При ціні 1320 грн за 1 Гкал теплоти економія становитиме:

$$E_{TE} = 10,5 \cdot 1320 = 13860 \text{ [грн]}.$$

Висновок

Як ми бачимо, впровадження системи енергетичного менеджменту є доцільним заходом, що допоможе економити ресурси ще на 5%. За допомогою вчасної фіксації даних та постійному аналізу – будемо наближатися до ідеального циклу споживання – з відсутністю перевитрат енергоносіїв.

ВИСНОВКИ

В процесі прорахунку магістерської дисертації були виявлені можливості підвищення ефективності енерговикористання, як за рахунок заходів, що не потребують значних витрат, так і за рахунок заходів, які потребують фінансових вкладень.

Розглянувши варіанти модернізації системи теплопостачання ліцею побачили що термін окупності заходу із встановленням ІТП 1,5-3 роки, від встановлення теплового насосу 4-6 років.

Сумарна оцінка річної економії енергії від запропонованих заходів може скласти:

- електроенергія - 11164 кВт·год/рік;
- тепла енергія – 127 Гкал/рік.

Впровадження усіх заходів з енергозбереження призведе до значної економії енергоресурсів. Також ці заходи можна впроваджувати і окремо.

Динаміка зростання тарифів на енергоносії диктує свої правила та спонукає до енергоефективності. Наразі законодавство України розвивається у напрямку енергозбереження і всіляко підтримує проекти з впровадження енергоефективності, виділяючи кошти на них та компенсуючи вартість обладнання.

Загальна сума витрат на впровадження енергозберігаючих заходів складе 1.350млн. грн. Середній термін окупності буде близько 9 років, що без сумніву є хорошим показником.

Таким чином, впровадження запропонованих заходів скоротить викиди шкідливих речовин в атмосферу на 243 кг, що позитивно вплине на екологічне становище у місті.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
2. ДСТУ-БА 2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – 2015. – 145 с. – (Державний стандарт України).
3. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» № 1314-VII // Верховна Рада України. – Офіц. Вид. – К. : Парлам. вид-во, 2014. – (Бібліотека офіційних видань).
4. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008 - [Чинний від 2008-12-09] – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 56 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – [Чинний від 2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Национальный стандарт Украины)
6. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1-2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. – [Чин. від 2007-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 47 с. – (Національний стандарт України).
7. Закон України «Про теплопостачання» № 2633-IV // Урядовий кур'єр. – Офіц. Вид. – К. – 2005. – (Бібліотека офіційних видань).
8. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року. – [Чинний від 01.04.2007]. - К.: Мінбуд України, 2006. – 70 с. – (Державні будівельні норми України).

9. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]. – На заміну ГОСТ 2662985 ; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с. – (Державний стандарт України).
10. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. зі Зміною №64 від 15 лютого 2010 року. – [Чинний від 01.10.2010]. - К.: Міністерства регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 108 с.
11. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. На заміну СНиП II-4-79; чинний з 01.10.2006. – К. : Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 96 с. – (Державні будівельні норми України).
12. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування; чинний з 01.01.2014. – К. : Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. –149 с.
13. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244–94. – К.:ЗАТ „ВІПОЛ”. – 2001. – 376с. – (Нормативний документ Державного комітету по житлово-комунальному господарству).
14. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель: ДСТУ Б В.2.2-39:2016 наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.06.2016 р. № 159, чинний з 2017-01-01.
15. ВНАОП 6.1.36-5.02-95. Інструкція з техніки безпеки під час газополум'яної обробки металів